II Международная научно-практическая конференция

ЦИФРОВИЗАЦИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

В 2-х томах
Том II

Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Администрация Тамбовской области
Управление регионального развития и поддержки инвестиционной деятельности Тамбовской области
ФИЦ «Информатика и управление» РАН
ФГБУН «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова» РАН
АНО «Центр компетенций по цифровизации АПК»
Ассоциация «ТППП АПК»
Группа компаний «РУСАГРО»
Ассоциация «Объединенный университет им. В. И. Вернадского»
Неправительственный экологический фонд им. В. И. Вернадского
Российская экологическая академия
Ассоциация инженерного образования России
ПАО «МТС»
Белорусский государственный аграрный технический университет
Мичуринский государственный аграрный университет
Воронежский государственный университет инженерных технологий
Тамбовское региональное отделение ООО «Союз машиностроителей России»
Тамбовский государственный технический университет

II Международная научно-практическая конференция

«ЦИФРОВИЗАЦИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»

В 2-х томах

Том II

Сборник научных статей

Тамбов, 21 – 23 октября 2020 г.

Научное электронное издание

II International Scientific and Practical Conference

“DIGITALIZATION OF AGROINDUSTRIAL COMPLEX”

In 2 volumes

Volume II

Proceedings
Tambov, october 21 – 23, 2020

Scientific electronic publication

Тамбов
♦ Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ» ♦
2020

УДК 631.5
ББК 381+П07
Ц75

Редакционная коллегия:
Муромцев Д. Ю. – ответственный редактор, проректор по научно-инновационной деятельности ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.;
Громов Ю. Ю. – заместитель председателя организационного комитета, директор Института «Автоматика и информационные технологии» ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.;
Третьяков А. А. – доцент кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доц.;
Никитин Д. В. – доцент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доц.;
Дьяков И. А. – доцент кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доц.;
Елизаров И. А. – доцент кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доц.;
Назаров В. Н. – доцент кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доц.;
Меньщикова В. И. – и.о. зав. кафедры «Экономика» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. экон. наук, доц.

Editorial team:
Muromtsev D. Yu. – responsible editor, prorector for scientific and innovative activities of the TSTU, dr. tech. sciences, prof.;
Gromov Yu. Yu. – deputy chairman of the organizing committee, director of the Institute "Automation and information technologies" of TSTU, dr. tech. sciences, prof.;
Tretyakov A. A. – associate professor of the department "Information processes and management" of TSTU, cand. of tech. sciences;
Nikitin D. V. – associate professor of the department "Mechanics and engineering graphics" of TSTU, cand. of tech. sciences;
Dyakov I. A. – associate professor of the department "Automated decision support systems" of TSTU, cand. of tech. sciences;
Yelizarov I. A. – associate professor of the department "Information processes and management" of TSTU, cand. of tech. sciences;
Nazarov V. N. – associate professor of the department "Information processes and management" of TSTU, cand. of tech. sciences;
Menshchikova V. I. – acting head of department "Economics", TSTU, cand. econ. sciences, associate professor

Ц75 **Цифровизация** агропромышленного комплекса [Электронный ресурс] : сборник научных статей II Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х т. Тамбов, 21 – 23 октября 2020 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020.

Т. II. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 00,0 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана. – ISBN 978-5-8265-2246-2.

Включены материалы пленарных и секционных докладов, вошедших в программу II Международной научно-практической конференции «Цифровизация агропромышленного комплекса».

Ц75 **Digitalization** of the agro-industrial complex [Electronic resource] : proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. In 2 vol. Tambov, October 21 – 23, 2020. – Tambov : Publishing center TSTU, 2020.

Vol. II. – 1 electron. optical disk (CD-ROM). – System requirements : PC not lower than class Pentium II ; CD-ROM-drive ; 00,0 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; mouse. – The title from the screen. – ISBN 978-5-8265-2246-2.

The collection includes materials from plenary and section reports that were included in the program of the II International Scientific and Practical Conference "Digitalization of the Agro-Industrial Complex".

УДК 631.5
ББК 381+П07

Материалы статей предоставлены в электронном виде и сохраняют авторскую редакцию.

ISBN 978-5-8265-1944-8 (общ.)
ISBN 978-5-8265-2246-2 (т. II)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 3. Машины, оборудование и технологии для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственной продукции. Практический опыт внедрения малыми и средними предприятиями 16

Анохин А. С.
Современное состояние мойки оборудования животноводства . . . 16

Родионов Ю. В., Филатов И. С., Ломовских А. Е., Армянинов И. С.
Разработка способа и устройства для увеличения КПД двигателей внутреннего сгорания 19

Басарев М. В., Ломовских А. Е., Свиридов А. А., Скопин И. А.
Стендовые испытания аппарата для обработки дизельного топлива 24

Воронин Н. В., Родионов Ю. В., Филатов И. С., Никитин Д. В.
Современное состояние использования и производства деталей и узлов из полимеров для техники агропромышленного комплекса . . 29

Гуд А. В., Подгайский С. А.
Технические средства с вальцовыми органами для дробления фуражного зерна 35

Гуськов А. А., Лазин П. С.
Получение экстрактов и сушка растительного сырья при переработке сельскохозяйственной продукции 40

Балабанов П. В., Дивин А. Г., Мищенко С. В., Макарова В. С., Марков А. В., Садомов Я. О.
Роботизированный комплекс для сортировки яблок 44

Дидрих И. В., Дидрих В. Е., Ивановский М. А., Провоторов А. А.
Повышение качества классификации изображений путем использования нечеткой логики в системах мониторинга сельскохозяйственных работ 48

Дмитриев В. М., Сергеева Е. А.
Разработка энергосберегающих малогабаритных шахтных сушилок для фермерских хозяйств 52

Дмитриев В. М., Сергеева Е. А.
Сушилки взвешенного закрученного слоя материала для предварительной обработки зерновых культур 54

Дмитриев В. М., Сергеева Е. А.
Сушилка с закрученным слоем инертного материала для пастообразных материалов 57

Дмитриев В. М., Сергеева Е. А.
Анализ и оптимизация движения плотного зернового слоя в шахтных сушилках 60

Ерусланов К. А., Немтинов К. В., Зазуля А. Н.
Проектирование сеялок для зерновых культур с использованием цифровых технологий 64

Иванова Э. С., Блинникова О. М., Ермаков В. С., Дьяченко А. В.
Производство пектина из местного растительного сырья 67

Игнатов Н. Н., Иниеста Х. В.
Удаление и восстановление ионов тяжелых металлов в воде и промышленных сточных водах с использованием электрохимических стратегий 71

Капустин В. П., Родионов Ю. В., Скоморохова А. И., Алексенцев Д. С.
Органические удобрения и экологические аспекты 74

Кокорев С. А.
Выбор реагентов для обработки свекловичной стружки перед процессом экстрагирования в производстве сахара 79

Кравцов А. В.
Рассмотрение методов экспресс-анализа пневмосистем на примере пневматической сеялки 82

Куди А. Н., Федосов Н. А., Сергеев В. В.
Технология и оборудование для очистки и калибровки семян сложной формы 87

Кузин А. И.
Уточнение сроков и параметров почвенно-листовой диагностики при фертигации для прецизионного калийного питания яблони . . 91

Кузнецов М. А., Нестеров П. А., Овсянников П. О.
Метод и устройство для оценки анизотропии теплопроводности пористых и сыпучих сред 96

Курочкин А. А., Потапов М. А.
Энергосберегающая технология переработки отходов птицеводства 99

Ли Р. И., Быконя А. Н.
Стенд для испытания подшипниковых узлов сельскохозяйственного оборудования 103

Ли Р. И., Быконя А. Н.
Модель терморадиационного нагрева корпусных деталей сельскохозяйственного оборудования при восстановлении полимерными материалами 107

Ломовских А. Е., Томилов А. А., Иванов В. П., Волокитин А. А., Жулин А. Н.
Способ получения топливных смесей для электронной системы впрыскивания топлива 112

Любимова Д. А., Дивин А. Г., Пономарев С. В.
Использование метода периодического нагрева для исследования теплофизических свойств сельскохозяйственной продукции 118

Меметов Н. Р., Ягубов В. С., Столяров Р. А., Ткачев А. Г.
Йодированные электропроводящие композиты на основе полиметилметакрилата и углеродных наноматериалов 122

Stefan Stanko, Ерофеев А. В., Михайлов В. А.
Использование искусственного камня для отделки зданий агропромышленного комплекса 125

Нахман А. Д., Родионов Ю. В., Никитин Д. В., Елизаров И. А.
Математическое моделирование процесса экстракции растительных материалов 128

Никитин Д. В., Аникин С. Н.
Универсальный гальванометрический сканатор для задач лазерной обработки в АПК 134

Никитин Д. В., Матвеев Д. А., Родионов Ю. В., Назаров В. Н.
Вакуумное транспортирование в режиме плотного заторможенного слоя 137

Никитин Д. В., Родионов Ю. В., Дьяченко А. В., Крылов В. В.
Использование жидкостнокольцевых вакуумных насосов
в процессах АПК 140

Никитин С. А., Немтинов В. А.
Конструкторская разработка роторной косилки 143

Ожерельев В. Н., Никитин В. В.
Перспективы импортозамещения в механизации уборки зерна . . . 146

Павлов В. И., Артемова С. В., Дорохова Т. Ю.
Раннее обнаружение изменений свойств объектов 150

Петунина И. А., Котелевская Е. А.
Технология послеуборочной обработки початков семенной
кукурузы 152

Родионов Ю. В., Иванова Э. С., Зорин А. С., Скоморохова А. И.
Новые элементы сушки растительных материалов 156

Рудобашта С. П., Дмитриев В. М., Столбова А. С.
Кинетика сушки и усадка нарезанной моркови 162

Рудобашта С. П., Дмитриев В. М., Грабов И. А.
Кинетика сушки и усадка нарезанной столовой свеклы 165

Гуд А. В., Русецкий И. Ю.
Влияние гранулометрического состава дробленого зерна
на продуктивность животных 168

Полякова Т. М., Савенков А. П.
О режиме течения газа в бесконтактном аэродинамическом
методе измерений поверхностного натяжения 172

Полякова Т. М., Савенков А. П., Чечетов К. Е.
Система технического зрения для мониторинга поверхностей
раздела газ–жидкость 176

Сагингалиева А. Г., Гумаров Г. С.
Технология подготовки ягод боярышника к глубокой переработке 179

Синюкова Т. В., Лихачев А. В., Синюков А. В.
Усовершенствование системы загрузки вагонов зерном 182

Фролов Д. И., Родин М. Н.
Эффективное биоудобрение на основе микроводоросли 187

Фудин К. П.
Результаты исследований влияния высоты и количества лопастей на потребляемую мощность барабанного смесителя 190

Хохлов П. А., Шестаков К. В., Лазарев С. И.
Электродиализная очистка промышленных вод производства электроники для сельскохозяйственной техники от ионов железа, никеля и меди 196

Секция 4. Моделирование, оценка и управление открытыми системами в экологии, пищевых и биохимических технологиях: интеграция достижений науки и бизнеса 200

Хан Ю. А., Дьячкова Т. П., Рухов А. В., Бакунин Е. С., Морайш С., Мадурейра А.
Исследование структурных характеристик электрохимически эксфолиированного нанографита 200

Алгазин Е. И.
Исследование состояния линейных систем автоматики сельскохозяйственного оборудования 204

Беспалько Н. Е.
Построение динамики изменения концентрации отравляющих веществ в окружающей среде с использованием метода наименьших квадратов 209

Благовещенский В. Г., Благовещенский И. Г., Петряков А. Н., Петров А. Ю.
Моделирование и оптимизация процессов приготовления хлебопекарного теста 214

Блюмин С. Л., Галкин А. В.
Цифровизация оценки изменений вещества и энергии в открытых системах агропромышленного комплекса 222

Богданов А. В., Кузнецов М. А., Лазарев А. С.
О погрешности измерения теплопроводности пористых сред 226

Бралиев М. К., Завражнов А. И., Ткачев А. С., Хольшев Н. В., Ведищев С. М., Котовская В. О.
Моделирование процесса смешивания в шнеколопастном смесителе с комбинированными рабочими органами с учетом экологических требований 230

Буланов Е. В., Дивин А. Г., Пономарев С. В.
К вопросу о применении метода плоского импульсного источника теплоты для измерения теплофизических свойств корнеклубнеплодов 237

Буланова В. О., Дивин А. Г., Пономарев С. В.
Применение метода линейного импульсного источника теплоты для исследования теплофизических свойств яблок 240

Голубятников О. О., Акулинин Е. И., Дворецкий Д. С., Дворецкий С. И.
Численное исследование процесса получения водорода в циклических адсорбционных процессах 244

Голубятников О. О., Акулинин Е. И., Дворецкий Д. С., Дворецкий С. И.
Математическая модель процесса поглощения монооксида и диоксида углерода из синтез-газа и концентрирования водорода . . . 247

Гордеев А. С., Соломатин А. А.
Дискретно-событийная имитационная модель процесса поставок сахарной свеклы на завод 250

Гордеев А. С., Дидрих В. Е., Мишин Б. С.
Моделирование определения координат подвижного объекта в магнитном поле токонесущего проводника 264

Гумаров Г. С., Ведищев С. М., Коновалов В. В.
Результаты численного моделирования радиуса водопоя для отар овец, содержащихся на отгонных аридных пастбищах 269

Устинская Я. В., Еськова М. А., Темнов М. С., Дворецкий Д. С.
К вопросу моделирования процесса периодического культивирования бактерий Bacillus Coagulans для биосинтеза молочной кислоты 273

Еськова М. А., Устинская Я. В., Темнов М. С., Дворецкий Д. С.
К вопросу моделирования процесса периодического культивирования микроводоросли Chlorella Vulgaris 277

Дубровский М. Л., Гордеев А. С.
Разработка алгоритма обработки изображений для определения товарного сорта клоновых подвоев плодовых культур 281

Дьяков И. А.
Математическое обеспечение автоматизированной системы контроля концентрации монооксида углерода, оксида азота, аммиака 284

Ерохин Г. Н.
Компьютерное моделирование эксплуатационных показателей зерноуборочных комбайнов 288

Ерусланова М. А., Немтинов К. В., Зазуля А. Н.
Информационные технологии при конструировании установки по очистке и калибровке семян зерновых культур 292

Завражнов А. И., Завражнов А. А., Ланцев В. Ю., Ведищев С. М., Толстошеин С. С., Кольцов С. М.
Оптимизация температурного режима в вентилируемом кагате сахарной свеклы 295

Зырянова Е. В., Белов В. М., Пивкин Е. Н.
Информационно-аналитическая система для оценки качества экологических экспертиз 299

Зюзина О. В., Машук В. В., Ланцова У. В.
Эвристическая функция математической модели процесса сквашивания 306

Дидрих И. В., Дидрих В. Е., Ивановский М. А., Провоторов А. А.
Аналитическая модель задачи планирования энергосберегающего управления для сетецентрических информационных систем мягкого реального времени с гетерогенными исполнительными системами 310

Кадомцев А. И., Ведищев С. М., Павлов А. Г., Прохоров А. В., Прохоров С. В.
Моделирование технического обеспечения систем восстановления и поддержания плодородия почв в малых формах хозяйствования 315

Кажияхметова А. А., Завражнов А. И., Ведищев С. М., Прохоров А. В., Выгузов М. Е.
Моделирование процесса смешивания в шнековом смесителе с активным каналом обратного хода для получения экологически безопасных смесей 320

Кузина Е. В., Немтинов В. А.
Информационное обеспечение системы поддержки принятия решений при проведении технологического обслуживания комбинированных станков 324

Саиф М. Н. М.
Моделирование и управление системами сушки в биохимических технологиях 328

Нагорнов С. А., Корнев А. Ю., Калинин В. Ф., Левин М. Ю.
Вопросы экологической безопасности при хранении моторных топлив 331

Назойкин Е. А., Благовещенский И. Г.
Идентификация и прогнозирование процессов производства пищевой продукции с применением мультиагентных технологий . 334

Овсянников П. О., Кузнецов М. А., Нестеров П. А.
Развитие численных методов исследования теплофизических свойств пористых сред с различными агрегатными состояниями насыщающего флюида 340

Дорохова Т. Ю., Павлов В. И., Артемова С. В.
Моделирование процесса профессионально-направленной адаптации на основе методологии IDEF0 344

Артемова С. В., Дорохова Т. Ю., Павлов В. И.
Энергосберегающее управление технологическими объектами . . . 345

Поляков Д. В., Елисеев А. И., Андреев Д. С., Селиванов А. Ю.
Подход к машинному обучению моделей открытых систем на основе теории нечетких множеств 347

Пономарев С. В., Порошина Н. А.
Метод регулярного режима первого рода для двухслойной пластины, разрабатываемый для испытательной лаборатории продуктов АПК . . 352

Зюзина О. В., Салиджанова О. В., Челак В. Д.
Практические результаты использования ферментных препаратов при переработке молока в сыры 357

Терехова О. Ю.
Решение проблемы демеркуризации и утилизации отработанных ртутьсодержащих ламп на предприятиях агропромышленного комплекса 361

Ткачев Е. Н.
Влияние изменения погодных условий на период покоя плодовых растений и его неинвазивный экспресс-мониторинг 367

Белевская Ю. А., Фисун А. П., Басукинский А. Б., Фисун Р. А.
Моделирование оценки эффективности системы контроля экологической безопасности открытых социотехнических систем 371

Фролов С. В., Фролова Т. А., Потлов А. Ю.
Метод и алгоритм оценки уровня оксигенации биологических тканей на основе спектроскопии ближнего инфракрасного диапазона . . 375

Фролов С. В., Фролова Т. А., Потлов А. Ю.
Метод и алгоритмы обработки интерференционных сигналов оптической когерентной томографии в биомедицинских приложениях компрессионной эластографии 378

Фролов С. В., Фролова Т. А., Потлов А. Ю.
Метод и алгоритмы обработки интерференционных сигналов оптической когерентной томографии в задачах неразрушающего контроля семян и плодов 381

Цуканова Е. М.
Расчет степени стрессорности водно-температурного режима периода вегетации как метод оценки риска зимних повреждений плодовых растений 385

Зюзина О. В., Смолихина П. М., Шишов М. Э., Белоусова А. А.
Регулирование консистенции белкового масла 389

Шкапов П. М., Благовещенский И. Г.
Методология расчета динамических характеристик гидродинамических систем пищевых производств при их моделировании 393

Шкляров А. П., Серебрякова Н. Г., Подашевская Е. И.
Алгоритм моделирования оптимальной площади питания растений 398

Козачек А. В., Толстых С. Г., Чекмарев В. В., Зеленева Ю. В., Макаров А. В., Семенихин С. В., Антипова А. А., Шанина О. В., Шабалкина К. С.
Описание программных модулей АИС прогноза болезней растений на основе экологических факторов погоды 402

Ф. А. Сари, А. А. Аль-Раммахи
Модификация нечетких С-средств для сегментации изображения документа 406

Оказова З. П., Асуева Л. А., Демельханов М. Д., Лечиева М. И., Джамбетова П. М.
Экологические проблемы использования земель сельскохозяйственного назначения 412

Секция 5. Цифровая трансформация общества: новые подходы для развития агропромышленного комплекса 417

Белевская Ю. А., Фисун А. П.
Информационное общество и цифровизация агропромышленного комплекса: основные подходы и содержание 417

Антипин С. И., Райков А. Н.
Цифровая экосистема российского животноводства: проблемы и решения 420

Подашевская Е. И., Башко Д. Ю.
Формирование современного кадрового потенциала АПК в условиях цифровизации экономики 424

Блюмин С. Л., Жбанова Н. Ю., Сысоев А. С.
Графоструктурное моделирование открытых организационных систем в агропромышленном комплексе 427

Богатырева Н. В.
Цифровизация сельского хозяйства как условие для обеспечения законности при применении генетических технологий в растениеводстве 431

Гарафутдинова Н. Я., Симак Р. С., Симак Н. Ю.
Цифровизация как основной элемент подготовки конкурентоспособных специалистов в сфере агропромышленного комплекса . . . 434

Дубовицкий А. А., Климентова Э. А.
Эколого-экономические аспекты реализации производственного потенциала агрохозяйства региона в процессе импортозамещения 439

Дубовицкий А. А., Климентова Э. А.
Проблемы и перспективы формирования рационального природопользования в условиях цифровой экономики 444

Иванова И. В.
Проблемы и направление развития школьного питания 447

Ковергин Р. Е., Шамкин В. Н.
Трансформация интегрированного планирования и управления цепочками поставок продукции вертикально-интегрированных компаний 451

Лишилин М. В., Аверкин А. Н., Дорохин В. А., Теряев Л. Н.
Применение технологий виртуальной и дополненной реальности при подготовке операторов автоматизированной сельскохозяйственной техники 454

Мартышкин А. И.
Исследование методов профилирования процессов в операционных системах реального времени, применяемых в агропромышленном комплексе 457

Меденников В. И.
Неизбежность формирования единой цифровой платформы АПК 460

Попов А. И., Алексенцев Д. С.
Аксиология аналитического мышления специалиста АПК в условиях цифровизации общественных отношений 463

Попов Н. С., Милованова О. В., Чуксина Л. Н.
О научных задачах цифровизации в промышленном садоводстве 467

Попов А. И.
Студенческая наука как механизм формирования кадрового потенциала АПК 471

Рытов М. Ю.
Актуальные проблемы создания ситуационных центров для управления регионом 476

Коротинский В. А., Клинцова В. Ф., Сырокваш Н. А.
Энергообеспечение сельских населенных пунктов 479

Тихонов Е. А., Базыкин В. И., Герасимова О. А., Соловьев С. В.
Организация комплексного производства технологического оборудования для промышленной аквакультуры в республике Карелия. Проблемы и перспективы 482

Яковчик Н. С., Шибеко А. Э.
Цифровизация как ключевой фактор инновационного развития АПК республики Беларусь в современных условиях 501

Мобио Акун Анна Стефани Рози
Противовирусная цифровизация финансовых потоков в АПК изменила мышление или как работать на удаленке 508

Еременко В. Т.
Актуальные проблемы шестого технологического уклада, нейронета и цифровая трансформация общества 513

Зимняков В. М.
Анализ производства пшеницы в России 516

Куликов Н. И.
Как помочь российской экономике и гражданам в период пандемии Covid-19, используя цифровые технологии и сервисы? 518

Макаров С. А., Тюрин И. Ю.
Интеграция системы планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта машинно-тракторного парка в систему цифрового сельского хозяйства 526

Маринченко Т. Е.
Цифровизация АПК: предварительные итоги 531

Сапун О. Л., Сырокваш Н. А., Шупилов А. А.
Цифровизация коммерческих инновационных разработок 536

Никулина В. В., Русанов А. В., Сафонов И. А.
Перспективы применения технологии DMR-радио при цифровой трансформации агропромышленного комплекса 540

Серебрякова Н. Г., Серебряков И. А., Коваль Д. Н., Русецкий И. Ю., Узваров А. А.
Методология проектирования электронной сервисной программы технического обслуживания и ремонта транспортных средств . . . 549

Станкевич И. И.
Рейтинги и возможности их использования в агропромышленном комплексе 553

Тетеринец Т. А.
Управление человеческим капиталом в условиях глобализации экономических систем 557

Иванов А. В., Москвитин С. П., Комраков Д. В., Негуляева А. П.
Перспективная система автоматического управления подвижным транспортом агропромышленного комплекса 564

Лемкина М. В., Терехова А. А., Дмитриевский Б. С.
Управление планированием производственного расписания в пищевых производствах 572

Правин П. К.
Управление системой планирования реализации сельскохозяйственной продукции 576

Толстяков Р. Р.
Мелкий фермер-видеоблогер: иллюзии или реальность 579

Секция 3

МАШИНЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ. ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ МАЛЫМИ И СРЕДНИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

УДК 637.1

С. А. Анохин
(ФГОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Техника и технологии автомобильного транспорта», Тамбов, Россия, e-mail: fwut@mail.ru)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МОЙКИ ОБОРУДОВАНИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

Аннотация. Рассмотрены современные методы мойки оборудования, используемого для сбора, хранения, и транспортировки молочного сырья в животноводческих фермерских хозяйствах. Приведены используемые технические средства, дана их краткая характеристика.

Ключевые слова: мойка, дезинфекция, молочное сырье, молоко.

S. A. Anokhin
(Tambov State Technical University, Department of Equipment and Technology of Road Transport, Tambov, Russia)

THE CURRENT STATE OF THE WASHING OF LIVESTOCK EQUIPMENT

*Abstrac*t. The modern methods of washing equipment used for collecting, storing, and transporting raw milk in livestock farms are considered. The technical means used are given, their brief characteristics are given.

Keywords: washing, disinfection, raw milk, milk.

С развитием сельского хозяйства имеется потребность в совершенствовании технологии мойки и дезинфекции сельскохозяйственного оборудования, предназначенного для сбора, хранения и транспортировки сырого молока.

В качестве такого оборудования выступают емкости хранения и транспортирования (цистерны, резервуары, фляги, иные), а также доильные аппараты [1, 2]. В соответствии с предъявляемыми санитарными нормами такое оборудование должно быть тщательно вымыто от остатков (отложений) предшествующего молока, его составных частей, а также других возможных загрязнений, затем продезинфицировано от патогенных микроорганизмов, питательной средой для которых и являются пищевые отложения на внутренних стенках оборудования, его узлах и трубопроводах.

Современные методы мойки имеют характерные этапы:

– удаление остатков предшествующего продукта;
– мойка наружной поверхности оборудования;
– очистка люков и кранов;
– мойка внутренней поверхности оборудования;
– дезинфекция оборудования;
– ополаскивание оборудования;
– сушка;
– анализ качества мойки (на остаточные загрязнения, на патогенные микроорганизмы и на остатки моющего средства).

Для удаления загрязнений с внутренних поверхностей оборудования используют моющие и очищающие средства. Их подразделяют на простые (индивидуальные) и сложные (композиционные) средства [3, 4].

Дезинфекция осуществляется, как правило, путем обработки горячей водой (85…95 °С), паром (текучий пар – 100 °С, острый (перегретый) пар – 120…130 °С, пар под давлением 0,15…0,2 МПа), сухим (160 °С) или влажным (120 °С) горячим воздухом, ультрафиолетовым облучением, хлорной известью, растворами гипохлоритов кальция и натрия. Острый пар является универсальным средством, сочетающим в себе моющие, очищающие и дезинфицирующие свойства.

Недостатками современных подходов к мойке молочного оборудования в фермерских хозяйствах являются длительность данного процесса и большой расход воды и моющих средств, электроэнергии, применение дорогих химических соединений. Данные недостатки делают мойку сложным и дорогостоящим процессом.

Перспективными направлениями по снижению длительности, стоимости и сложности процесса мойки молочного оборудования являются следующие технологии:

– вакуумная сорбция;
– роботизация;

– новые композитные материалы (полиамид 6, в пищевой промышленности используется для оболочек, например, колбасных; капролон);

– защитное пищевое напыление на внутренние стенки оборудования;

– туманогенерация;

– озонирование.

Список использованных источников

1. Универсальная экстрактно-выпарная установка растительного сырья / А. А. Гуськов, Ю. В. Родионов, В. П. Капустин и др. // Наука в центральной России, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов РАСХН. – Тамбов, 2017. – № 2(26). – С. 32 – 41.

2. Гуськов, А. А. Обоснование выбора двухступенчатого ЖВН для тепломассообменных процессов при переработке растительных материалов / А. А. Гуськов, М. В. Шушпанников // Научный альманах, ООО «Консалтинговая компания Юком». – Тамбов, 2016. – № 11-2(25). – С. 90 – 93.

3. Патент России № 2551449. Двухступенчатая жидкостно-кольцевая машина / Гуськов А. А., Никитин Д. В., Платицин П. С., Родионов Ю. В. – 2015.

4. Медузов, В. С. Производство детских молочных продуктов / В. С. Медузов, З. А. Бирюкова, Л. Н. Иванова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – С. 208.

References

1. Universal extract-evaporating unit of vegetative raw materials / A. A. Guskov, Yu. V. Rodionov, V. P. Kapustin et al. // Science in central Russia. – Tambov, 2017. – № 2(26). – P. 32 – 41.

2. Guskov, A. A. Justification of the choice of a two-stage LVP for heat-mass transfer processes in the processing of plant materials / A. A. Guskov, M.V. Shushpannikov // Scientific almanac, “Consulting company Ucom”. – Tambov, 2016. – № 11-2(25). – P. 90 – 93.

3. Russian patent № 2551449. Double-stage liquid ring machine / Guskov A. A., Nikitin D. V., Platitsin P. S., Rodionov Yu. V. – 2015.

4. Meduzov, V. S. Production of baby milk products / V. S. Meduzov, Z. A. Biryukova, L. N. Ivanova – Moskow : Light and food industry, 1982. – P. 208.

УДК 665.7.038

Ю. В. Родионов[1], И. С.Филатов[1],
А. Е. Ломовских[2], И. С. Армянинов[2]
[1] (ФГОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru);
[2] (Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия, e-mail: lomovskih1979@yandex.ru)

РАЗРАБОТКА СПОСОБА И УСТРОЙСТВА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ КПД ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация. Была изучена возможность увеличения КПД двигателей внутреннего сгорания машин сельскохозяйственного назначения с помощью модификации обычно используемой воздушно-топливной смеси. Элементом, заменяющим газовую составляющую смеси, будет являться озон. Так же была рассмотрена возможность подачи озона парциальново впускной коллектор двигателя и проводилось сравнение экономических показателей использования озона, воспроизводимым генератором озона.

Ключевые слова: генератор озона, воздушно-топливная смесь, сельскохозяйственные машины, повышение КПД, ионизация, двигатели внутреннего сгорания.

Yu. V. Rodionov[1], I. S. Filatov[1], A. E. Lomovskyh[2], I. S. Armyaninov[2]
[1] (Tambov State Technical University, Tambov, Russia);
[2] (Military Educational and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin", Voronezh, Russia)

DEVELOPMENT OF A METHOD AND DEVICE FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Abstract. In this article, the possibility of increasing the efficiency of internal combustion engines of agricultural machines by modifying the commonly used air-fuel mixture was studied. The element replacing the gas component of the mixture will be ozone. The possibility of supplying ozone in part to the intake manifold of the engine was also considered and the economic indicators of ozone use reproduced by the ozone generator were compared.

Keywords: ozone generator, air fuel mixture, agricultural machinery, efficiency improvement, ionization, internal combustion engines.

Прежде чем перейти к процессу озонирования, следует отметить, что практически у каждого человека после грозы возникает желание

выйти на улицу и подышать свежим воздухом, наполненным озоном. Запах озона ассоциируется у многих с чистым, наполненным полезными веществами, воздухом. Этим обусловлена популярность такого прибора, как озонатор воздуха, который используется для очищения и наполнения озоном домашней атмосферы. Вопрос повышения коэффициента полезного действия двигателей внутреннего сгорания техники сельскохозяйственного назначения, а также военно-промышленного комплекса актуален и на данный момент времени [1].

Известны различные устройства для обработки воздуха в двигателе внутреннего сгорания (ДВС), предназначенные для озонирования воздуха, перед его смешением с топливом, повышения полноты сгорания топлива и снижения токсичности отработанных газов двигателя. Так же существуют различные способы обработки топлива, в том числе и дизельного, которые включают пропускание через него кислородосодержащего газа. Процесс происходит при больших временны́х экспозициях до нескольких часов, а также в присутствии дорогостоящих катализаторов.

В данной статье применен новый подход к созданию и применению модифицированной топливной смеси с заменой воздушной составляющей топливной смеси на другой горючий газ – в нашем случае, им будет являться озон. Процессы взаимодействия жидких реагентов с газообразными нашли широкое применение в химических отраслях производства для создания различных кислот, растворов, а также веществ, сопровождающих различного рода химические реакции [2].

Так же стоит отметить, что есть два варианта адсорбции озона топливом. Так, в первом варианте можно внедрять молекулы озона в топливо без предварительной десорбции содержащихся в нем газов. При условии, что использование первого варианта получения топливно-озонового раствора экономически более выгодно, то дальнейшие исследования будут проводиться именно по этому варианту [3].

На рисунке 1 предоставлено устройство, ускоряющее внедрение молекул озона в топливо для получения топливно-озонового раствора.

Через систему подачи *1*, подающее сопло *9* озон поступает в сосуд *2* и с помощью распределительного флажка *6*, соединенного с электродвигателем *4*, при его вращении быстрее растворяет его в топливе *8*. Нижний кран *5* необходим для слива прореагированных хемосорбных веществ, в топливе (например, различных видов смол). Верхний кран *5* предназначен для уравновешивания давления, а также откачки избыточного газа [4].

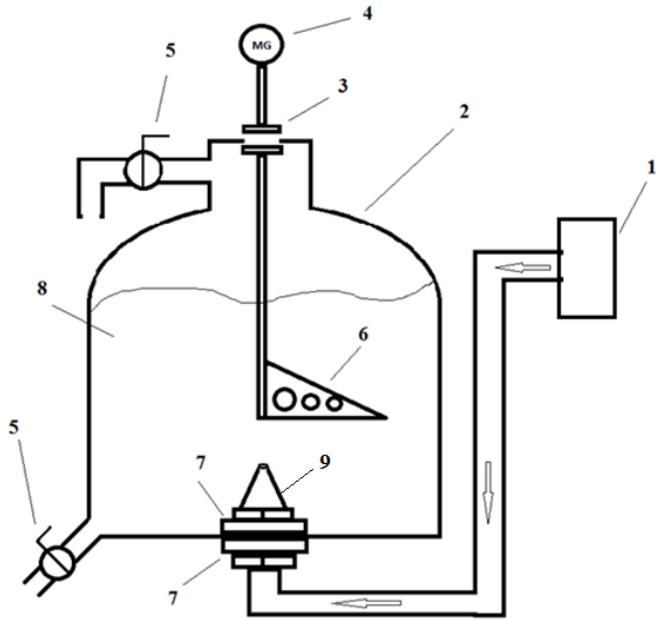


Рис. 1. Схема устройства, ускоряющего внедрение молекул озона в топливо:
1 – система подачи озона; *2* – сосуд; *3* – подшипник; *4* – электродвигатель; *5* – кран; *6* – флажок распределительный; *7* – уплотнители; *8* – топливо; *9* – подающее сопло

Внедрение молекул озона в топливо будем проводить методом барботирования. Следует отметить, что для усиления эффекта барботажа необходимо задействовать электродвигатель *4*, который соединен с распределительным флажком *6*.

Периодическим открытием верхнего крана *5* будем производить стабилизацию давления в системе. Под действием истекающего из подающего сопла *9* потока в топливо возникают турбулентные течения, обеспечивающие увеличение времени прибывания пузырьков с ионами озона в рабочем объеме топлива, интенсивное перемешивание обрабатываемого топлива за счет дополнительного флажка, что способствует лучшему растворению озона (повышение коэффициента его использования с 30 до 70%).

В результате в сосуде *2* происходят следующие реакции.

1. Реакция окисления с отщеплением от радикала водорода с образованием активной ОН-группы, осуществляющей перевод легких

бензинов в спирты и петролейный эфир, природного бензина и циклоалканов в ароматические углеводороды и тяжелые спирты, керосина в легкие бензины, газойля в полициклические соединения и в нелетучие жидкие масляные продукты.

2. Интенсивное пеновыделение за счет перехода к слабым кислотам путем вытеснения активной группой OH-сернистых соединений.

3. Реакция восстановления с гидрированием алканов и образованием *n*-гексанов, что способствует получению спиртов различного строения.

4. Перегруппировка масел под действием свободных ионов озона, кислорода группы OH- и H+, свободных радикалов, вторбутилхлоридов и сульфатов. Под действием озона, за счет отщепления CH_2 и OH образуется метиленовая группа, являющаяся основой построения алканов. Наличие интенсивного перемешивания приводит к прямому взаимодействию метилена с бензинами.

5. Реакция с получением этанов и *n*-бутанов из-за наличия в моторном топливе металлов.

Также наличие даже следов тетраэтилсвинца при интенсивном озонировании, наряду с отщеплением атомов водорода, способствует образованию свободных радикалов этанового ряда. При этом, чем устойчивее свободный радикал, тем легче он при наличии свинца образуется в окислительной реакции.

Для интенсивного горения в ДВС основной реакцией служит воссоединение алканов с озоном, которая приводит к выделению тепла с образованием двуокиси углерода, серы и воды, происходит свободнорадикальная цепная реакция. Но для ее начала до настоящего времени обеспечивали высокую температуру $T > 75$ °C и высокое давление $P > 0{,}3$ МПа. Только при этом протекаемая реакция экзотермична, но при этом не должно быть детонации.

Поскольку используемое дизельное топливо весьма неоднородно по химическому составу, то процесс озонного барботирования сводится как к возникновению алкенов, так и к автоматической сепарации или расслоению топлива. При этом в «мертвую зону» барботажа «оседают» легкие бензины и алкены, выше – природный бензин с керосином, а через фильтр проходит осадок в виде кислотных соединений. При этом необходимо учитывать, что процесс барботажа происходит с интенсивным пенообразованием с резким повышением рабочего объема. При этом пена содержит в основном сернистые соединения, которые желательно удалять из сосуда. В осадок же попадают соли серы, азота, свинца и углерода, которые и создают при обычной технологии сжигания окислы двуокиси агрессивных элементов выхлопа. Получаемый при этом осадок также является неоднородным по плотности и

составу. Сернистые с кислотной основой соединения в виде желеобразной консистенции накапливаются у днища.

Проведенные эксперименты показали, что интенсивное озонирование дизельного топлива создает три устойчивых зоны: легкие бензины; спирты и алкены; осадок со свободной водой, образующийся на дне сосуда.

При этом обработанное дизельное топливо использовалось в ДВС с турбоподдувом, где происходило существенное увеличение КПД, снижение содержания диоксидов в отработавших газах.

В свою очередь, нужно понимать, что у такого газа как озон, есть время полураспада, и это время отличается в зависимости от того, в какой среде он используется. Соответственно, время использования топливо-озонового раствора ограниченно его временем распада на кислород с выделением энергии (тепла).

Приблизительное время полураспада озона в топливе составляет 15…25 минут ($T_{\text{среды}}$ = 20 °С), при этом распад озона усиливается с ростом температуры среды и pH.

Так, для сравнения в газовых средах, озон более устойчив, например, период полураспада озона в воздухе при такой же температуре окружающей среды ($T_{\text{среды}}$ = 20 °С) составляет около 1,5 часов [5].

Использование данного способа позволяет получить высококачественное топливо на основе дизельного за короткий промежуток времени как непосредственно в баке транспортного средства, так и в стационарных условиях, на нефтеперегонных заводах и т.д., используя очень доступные технические средства.

В заключение стоит отметить, что кроме ограничений временны́х рамок использования топливно-озонового раствора, пока остается неизученным вопрос воздействия данного раствора на рабочие части механизма ДВС, и собственно только тогда, можно с большей вероятностью судить о возможности и целесообразности использования такого вида топлива.

Список использованных источников

1. Пат. РФ № 2107023. Озонатор-вентилятор / Журавлев О. А., Шахова А. В. ; опубл. 20.03.1998, Бюл. № 8. – 16 с.

2. Пат. РФ № 2523805. Озонатор. / Кузьменко П. С., Якименко М. О., Лебедев И. Д. ; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 21. – 14 с.

3. Лунин, В. В. Физическая химия озона / В. В. Лунин. – М. : МГУ, 1998. – С. 466 – 474.

4. Разумовский, С. Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С. Д. Разумовский. – М. : Наука. 1974. – С. 323.

5. Штокман, Е. А. Очистка воздуха / Е. А. Штокман. – М. : АСВ. 2007. – 313 с.

References

1. Patent of the Russian Federation No. 2107023. Ozonator-fan. / Zhuravlev O. A., Shakhova A. V. ; Publ. 20.03.1998 ; Byul. No. 8. – 16 P.

2. Patent of the Russian Federation No. 2523805. Ozonator / Lebedev D. V. Kuzmenko P. S., Yakimenko M. O., Lebedev I. D. ; Publ. 10.07.2014 ; Byul. No. 21. – 14 P.

3. Lunin, V. V. Physical chemistry of ozone / V. V. Lunin. – M., MSU. 1998. – P. 466 – 474.

4. Razumovsky, S. D. Ozone and its reactions with organic compounds / S. D. Razumovsky. – M. : Nauka, 1974. – P. 323.

5. Shtokman, E. A. air Purification / E. A. Shtokman. – Moscow : ASV. – 2007. – 313 p.

УДК 621.43.057

М. В. Басарев, А. Е. Ломовских, А. А. Свиридов, И. А. Скопин
(Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия, e-mail: lomovskih1979@yandex.ru)

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ АППАРАТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Аннотация. Рассматривается один из способов улучшения процесса горения моторного топлива, когда топливо подвергается обработке в статическом аппарате в целях улучшения физико-химических свойств топлива.

Ключевые слова: статический аппарат, жидкое углеводородное топливо, система питания, двигатель.

M. V. Basarev, A. E. Lomovskih, A. A. Sviridov, I. A. Skopin
(Military Educational and Scientific Center of the Air Force “Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russia)

BENCH TESTS OF THE DEVICE FOR PROCESSING DIESEL FUEL

Abstract. The article discusses one way of improving the combustion of motor fuel, when the fuel is processed in a static apparatus with the aim of improving the physico-chemical properties of the fuel.

Keywords: static apparatus, liquid hydrocarbon fuel, power system, engine.

На современном этапе развития стала актуальной проблема экономии невозобновляемого моторного топлива. В мире активно идут процессы, связанные с утяжелением сырья нефтеперерабатывающих предприятий, с необходимостью вовлечения в производство альтернативных и возобновляемых ресурсов, с ужесточением требований и норм по качеству исходного сырья и продуктов. Так же, нависшая над миром экологическая проблема, и в частности, появление смога над крупными городами, заставляет ужесточать требования по выбросу вредных веществ в окружающую среду, в связи с этим становятся особенно актуальными проблемы качества жидких моторных топлив, непосредственно количество вредных веществ, которое они выделяют при сгорании.

Постоянное развитие техники и технологий приводит к созданию двигателей нового поколения, специального оборудования, материалов и, как следствие, к изменению структуры потребления продукции нефтепереработки, необходимости разработки новых направлений в науке и в индустрии.

Возможным решением данных проблем для автотракторной техники является модернизация систем питания двигателей внутреннего сгорания (ДВС) путем использования в ее составе аппарата для обработки жидкого дизельного топлива, которое позволит улучшить физико-химические свойства топлива [1].

Данный аппарат был разработан профессором Воробьевым Ю. В. и испытан на нагрузочных стендах в Военном учебно-научном центре «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж), что подтверждается соответствующими протоколами.

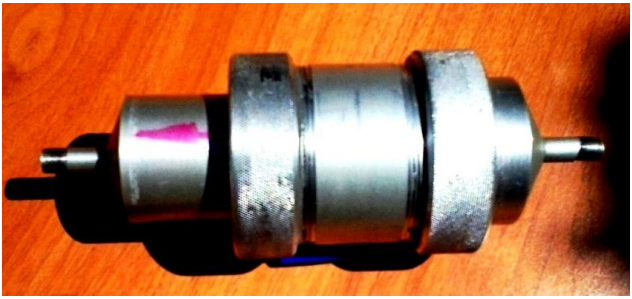


Рис. 1. Внешний вид аппарата для обработки жидкого углеводородного топлива

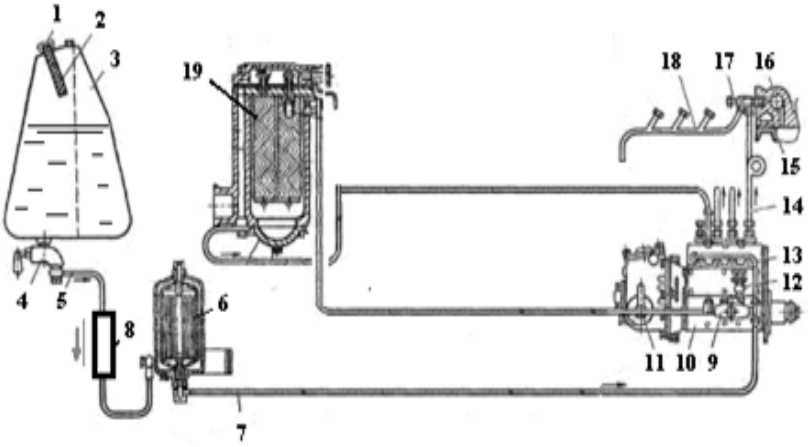


Рис. 2. Схема модернизированной системы питания дизельного ДВС ЯМЗ-236 (с встроенным статическим аппаратом):

1 – заливная крышка бака; *2* – фильтр бака; *3* – топливный бак;
4 – кран расходный; *5, 7, 13* – топливопроводы;
6 – фильтр грубой очистки топлива;
8 – статический аппарат для обработки жидкого углеводородного топлива;
9 – подкачивающий насос; *10* – ТНВД;
11 – регулятор оборотов ДВС; *12* – насос ручной подкачки;
14 – топливопровод высокого давления; *15* – камера сгорания;
16 – вихревая камера; *17* – форсунка;
18 – трубка отвода просачивающегося через форсунку топлива;
19 – фильтр тонкой очистки топлива

Данный аппарат является механическим устройством, включающим три последовательно расположенные секции, приводящий к самоорганизации энергетического состояния по принципу увеличения масс-долей легких и средней легкости углеводородов. Устройство не требует какого-либо привода и не содержит химических веществ, поэтому не приводит к изменению физико-химических свойств дизельного топлива, регламентируемых соответствующими требованиями ГОСТ [2]. Данное устройство было вмонтировано в штатную систему питания ДВС ЯМЗ-236 согласно схеме, представленной на рис. 2.

В цилиндрическом корпусе *1*, данного устройства последовательно расположены три секции согласно рис. 3.

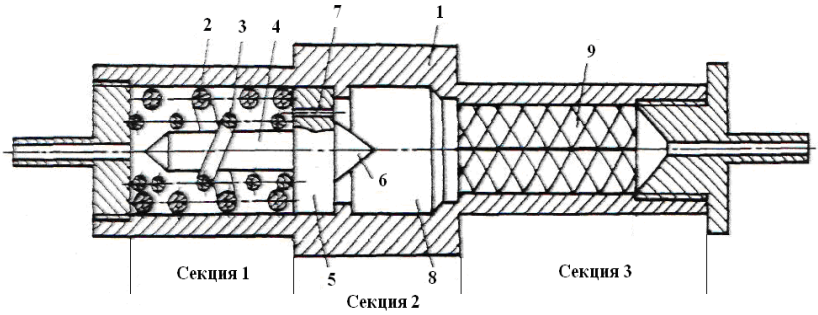


Рис. 3. Схема статического аппарата для обработки жидкого углеводородного топлива моторного топлива:

1 – корпус; *2* и *3* – винтовые элементы; *4* – цилиндрический стержень; *5* – цилиндрическая вставка; *6* – конус; *7* – каналы; *8* – промежуточная камера; *9* – смесительный элемент

Жидкое углеводородное топливо, обработанное предложенным аппаратом, приближается к требованиям ЕВРО-5, независимо от качества исходного дизельного топлива, и увеличивает ресурс ДВС за счет улучшения процесса сгорания в цилиндрах ДВС, что обеспечивает более легкий запуск двигателя при низких температурах [3].

Предлагаемый аппарат для обработки дизельного топлива может быть установлен на всех без исключения ДВС (всех классов, сельхозтехники, спецтехники и т.д.), где используется жидкое моторное топливо [4].

Данный аппарат был испытан в научной-лаборатории Военного учебно-научного центра «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж). В рамках эксперимента было проведено три испытания на нагрузочном стенде с ДВС ЯМЗ-236: испытание № 1 – работа двигателя без активатора; испытание № 2 – активатор был установлен в системе питания ДВС ЯМЗ-236 между топливным баком и фильтром грубой очистки топлива; испытание № 3 – активатор был установлен в системе питания ДВС ЯМЗ-236 на трубке отвода топлива в топливный бак. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Проведенный анализ результатов, представленных в табл. 1, показывает, что после обработки дизельного топлива в разработанном

1. Результаты испытаний ДВС ЯМЗ-236

Вид эксперимента	Наименование топлива	Число оборотов (об/мин)	Время испытания (мин)	Расход топлива (мл)	Экономия, %
№ 1	Дизельное топливо	1000	10	450	–
№ 2	Активированное дизельное топливо	1000	10	380	16
№ 3	Активированное дизельное топливо	1000	10	370	18

аппарате, и дальнейшее использование такого топлива в системе питания ДВС ЯМЗ-236, позволило получить снижение расхода топлива от 16 до 18% по сравнению с эксплуатацией на обычном топливе.

Список использованных источников

1. Пат. № 2498094 Российская Федерация МПК F02B 47/02, F02M 43/00, F02M 25/025. Способ обработки углеводородного топлива для ДВС / Ломовских А. Е., Иванов В. П., Капустин Д.Е. и др. ; заявка № 2011133257/06 ; опубл. 10.11.2013. – 8 с.

2. Испарение и горение капли углеводородного топлива IV. Испарение капли с учетом коллективных эффектов. Химическая физика / С. М. Фролов , В. Я. Басевич, В. С. Посвянский, В. А. Сметанюк. – Т. 23, № 7. – 2004. – С. 49 – 58.

3. РПА для приготовления БС с дисперсной фазой на основе воды / А. Е. Ломовских, В. П. Иванов, В. В. Илларионов, Д. Е. Капустин, И. П. Сысоев // Сборник докладов по итогам Всероссийской НПК (29–30 ноября 2011 г.), Ч. 3. – Воронеж : ВАИУ, 2011. – С. 115 – 119.

4. Способ и устройства для обработки углеводородного топлива / А. Е. Ломовских, М. В. Басараев, Ю. В. Гусев, А. А. Свиридов // Сельский механизатор. – 2017. – № 3. – С. 35–36.

References

1. Patent no. 2498094 Russian Federation IPC F02B 47/02, F02M 43/00, F02M 25/025. Method of processing of hydrocarbon fuel for internal combustion engines / Lomovskikh A. E., Ivanov V. P., Kapustin D. E., etc. ; Application no. 2011133257/06 ; publ. 10.11.2013. – 8 p.

2. Frolov S. M., Basevich V. Ya., Posvyansky V. S., Smetanyuk V. A. Evaporation and Gorenje drop of hydrocarbon fuel IV. Evaporation of a drop with consideration of collective effects. Chemical physics. – V. 23, No. 7. – 2004. – P. 49 – 58.

3. Lomovsky A. E., Ivanov V. P., Illarionov V. V., Kapustin D. E., Sysoev I. P. RPA for the preparation of BS with a disperse phase of water-based // Collection of reports on Russian NPK (29–30 November 2011), Ch. 3. – Voronezh : VAIO, 2011.– P. 115 – 119.

4. Lomovskaya A. E. Method and apparatus for processing hydrocarbon fuel / A. E. Lomovskaya, M. V. Busarev, Yu. V. Gusev, A. A. Sviridov // SEL mechanic. – 2017. – No. 3. – P. 35–36.

УДК 621.81

Н. В. Воронин, Ю. В. Родионов, И. С. Филатов, Д. В. Никитин
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Механика и инженерная графика», Тамбов, Россия, e-mail: thebox4games@yandex.ru)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ИЗ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ТЕХНИКИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. В настоящей работе приведены и проанализированы краткие сведения о современном состоянии рынка полимеров, а также данные о производстве и эксплуатации деталей и узлов сельскохозяйственной техники, изготовленных из полимерных материалов.

Ключевые слова: детали и узлы, полимерные материалы, производство и использование, техника агропромышленного комплекса.

N. V. Voronin, I. S. Filatov, Yu. V. Rodionov, D. V. Nikitin
(Tambov State Technical University, Department of Mechanics and Engineering Graphics, Tambov, Russia)

CURRENT STATE OF USE AND PRODUCTION OF POLYMER PARTS AND ASSEMBLIES FOR AGRICULTURAL MACHINERY

Abstract. This paper presents and analyzes brief information about the current state of the polymer market, as well as data on the production and operation of parts and components of agricultural machinery made of polymer materials.

Keywords: parts and assemblies, polymer materials, production and use, agricultural machinery.

Введение. На сегодняшний момент практически ни одна отрасль промышленности не обходится без применения полимерных материалов. В той или иной мере полимеры применяются в легкой промышленности, строительстве, машиностроении. Они не обошли стороной и агропромышленный комплекс – из полимеров и композитов на их основе производят детали сельскохозяйственных машин и установок (крыльчатки насосов, шестерни, уплотнительные кольца и т.д.), различные пленки, панели для постройки теплиц и парников. В данной работе будут приведены и проанализированы сведения, в большей степени относящиеся к термопластичным полимерам и изделиям из них, так как именно термопласты распространены наиболее широко (в то время как реактопласты занимают не более 15% всего рынка полимеров не только в России, но и во всем мире).

Целью статьи является краткий анализ состояния рынка полимеров в России, а также изучение вопросов производства и эксплуатации различных деталей и узлов, изготовленных из полимерных материалов.

Методика и методы. Для изучения вопросов применения полимерных материалов и деталей из них для сельхозтехники использовались работы авторов: Л. Д. Огреля [1], Г. С. Баронина [2, 3], Ю. В. Родионова [2, 3, 7], М. Л. Кербера [4] и др. [5, 6].

Результаты и обсуждение. По данным на 2019 г., весь объем рынка потребляемых полимерных материалов в РФ составляет ориентировочно 6,8 млн. тонн, из них смолы (основа подавляющего большинства реактопластов) – примерно 1 млн. тонн. Импортируется в РФ приблизительно 1,35 млн. тонн полимеров, экспортируется чуть более 320 тыс. тонн [1].

Первым по распространенности и объемам производства в России (как, впрочем, и во всем мире) является полиэтилен (ПЭ) и его производные – высокомолекулярный полиэтилен (ВМПЭ) и сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ). ПЭ отличается достаточно высокой химической стойкостью, что позволяет использовать изделия из него в различных агрессивных средах [2, 3]. Полиэтилен используется для производства крайне широкого спектра продукции – от бутылок и пленок (в этом плане АПК является одним из лидеров по потреблению ПЭ) до трубопроводов, шестерен, изоляции и зубчатых передач. Главные российские производители ПЭ и его производные – «ЗапСибНефтехим», «Казаньоргсинтез», «НижнекамскНефтехим», «ТомскНефтехим» и «Газпром нефтехим Салават».

Вторым по распространенности является полипропилен (ПП). Объемы его производства в РФ суммарно составляют около 1,35 млн. тонн (у ПЭ и его производных этот показатель превышает 2 млн. тонн). Имеет несколько меньшую химическую стойкость, нежели полиэтилен, однако вполне достаточную для изготовления различной тары (на тару приходится более 30% применяющегося ПП), пленок (18%), труб (6%), деталей технической аппаратуры и прочего (3%), крупнейшие российские производители ПП – «Тобольск-полимер», «Ставролен», «Полиом» [1 – 3].

На третье место по распространенности можно поставить одновременно три полимера – полистирол (ПС), поливинилхлорид (ПВХ) и полиэтилентерефталат (ПЭТФ). Суммарный объем производства этих трех базовых полимеров – около 2 млн. тонн. Почти половина этого объема приходится на ПВХ – 860 тыс. тонн, далее идут полистирол вкупе с АБС-пластиком (500 тыс. тонн) и ПЭТФ пленочного и волоконного назначения (630 тыс. тонн). Они активно применяются при изготовлении покрытий, труб (ПВХ), медицинских одноразовых инструментов (ПС), тары, вкладышей подшипников, втулок, а также конденсаторов и резинотехнических изделий (ПЭТФ).

Известными российскими производителями этих трех полимеров являются «Нижнекамскнефтехим» (ПС), «Сибур-Химпром» (ПС), «Русвинил» (ПВХ), «Сибур-ПЭТФ» (ПЭТФ).

От самих полимеров перейдем к изделиям из них. По данным на 2019 г., изделий из полимеров изготавливается более чем на 5,6 млн. т., однако при анализе состояния производства и эксплуатации деталей и узлов из полимерных материалов, нет необходимости опираться на их распространенность. Охватывать весь спектр изделий, используемых в сфере АПК, в рамках данной работы тоже не имеет особого смысла из-за большого разнообразия самих изделий [4, 5]. Поэтому остановимся лишь на некоторых конкретных наименованиях.

Зубчатые колеса и шестерни, изготовленные из полимерных материалов (производные этилена, фторопласт, ПВХ и т.д.), как гибридные, так и цельнопластиковые, отличаются низким уровнем шума и вибрации при работе, низкими потерями на трение, однако не могут использоваться при высоких нагрузках, что, однако, не препятствует их использованию при малых и умеренных нагрузках. Одним из производителей таких деталей в РФ является компания «Китпром».

Так же в технике АПК используют и полимерную крыльчатку для изготовления насосов и систем охлаждения различной конструкции. Преимуществами таких деталей являются меньший вес, частичное гашение вибрации во время работы и меньшие потери мощности при сохранении приемлемых эксплуатационных и прочностных характеристик. Чаще всего, изготавливаются гибридными, т.е. внутренний цилиндр крыльчатки, закрепляемый на валу, сделан из металла, а сам «венец» – в основном из полиацеталя, полиамида и полифенилсульфида. Подобную продукцию в РФ производит, к примеру, компания «Руспласт».

Использование полимерных материалов (полиамиды, фторопласты, полиимиды, ПЭТФ и т.д.) для производства подшипников также дает большие преимущества – меньший вес и стоимость готового изделия, устойчивость к коррозии и воздействию агрессивных сред, более низкий коэффициент трения и, как следствие, более высокий КПД узла, что позволяет использовать их при высоких нагрузках, но на малых скоростях. Полимерные подшипники активно применяются в пищевой промышленности и на химическом производстве.

Транспортерные ленты для использования в сфере АПК должны также обладать высокой химической стойкостью и низким коэффициентом трения, поэтому при их производстве часто используют, например, ПВХ, силикон, фторопласт и полиуретан [4 – 6].

Известные зарубежные компании, производящие полимерные подшипники – NSK (Япония), GGB (Словакия), SKF (Швеция). Транспортерные ленты в РФ производят компании «ИнтерМаш», «Рустехно» и др.

Покрытия из полимерных материалов используются как с декоративной целью, так и для защиты деталей от износа или агрессивных сред. Так же эти покрытия могут использоваться как смазочные или для восстановления деталей и узлов различной автомобильной и сельскохозяйственной техники. Основой для них чаще всего являются полиэстер, пурал, пластизоль, и поливинилденфторид (ПВДФ) [4 – 6]. В нашей стране производством полимерных покрытий занимаются фирмы «iPolymer», «Кварц Мастер», «Векторполимер», группа компаний «RUBICON» и многие другие.

В сфере потребления такой полимерной продукции, как емкости и тара, АПК является одним из лидеров. Бутылки, бочки, коробки, баки, чашки, колбы – все это активно используется как в сельском хозяйстве, так и в машиностроении, медицине и других отраслях. Спектр

применяемых для их производства полимеров очень широк – от полиэтилена и полипропилена до фторопласта и ПЭТФ [7]. Спрос на полимерную тару по отношению ко всему объему рынка полимерных изделий, по разным оценкам, составляет от 35 до 45%. Производителей полимерной тары и различной упаковочной продукции только в РФ более 300, некоторые из них – «PlasticRUS», «Сибирский завод полимерных изделий», «СПЕКТР-ПЛАСТ» и др.

В заключение хочется лишь отметить, что несмотря на большое количество преград, российский рынок полимеров и изделий из них продолжает активно развиваться – на фоне заметного общего спада в середине 2010-х, объемы рынка постепенно растут.

Выводы

1. Основными широко используемыми полимерными материалами являются ПЭ и его производные (ВМПЭ и СВМПЭ), ПП, фторопласт-4, а также различные композиционные материалы на основе термопластов или реактопластов.

2. Помимо изготовления полностью полимерных деталей, также широко применяется создание гибридных деталей (например, зубчатых колес), сочетающих в себе полимерный «венец» и металлическую основу.

3. На российском рынке полимеров и изделий из них наблюдается некоторый рост производства собственной продукции и сокращение импорта зарубежной продукции.

Список использованных источников

1. Огрель, Л. Д. Российский рынок полимеров и изделий из них // Полимерные материалы. – 2020. – № 3. – С. 4 – 12.

2. Manufacturing products from polymers and polymerbased composite materials by solid phase pressure forming: problems, solutions and prospects / D. Yu. Kobzev, P. V. Kombarova, G. S. Baronin et al. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 15th. – 2015. – С. 127 – 134.

3. Полимерные нанокомпозиты и изделия на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (свмпэ), полученные объемной штамповкой в твердой фазе / Г. С. Баронин, В. М. Бузник, С. В. Мищенко и др. // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент : Материалы VIII Международной научно-инновационной молодежной конференции. – 2016. – С. 28 – 33.

4. Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии / под ред. А. А. Берлина. 3-е изд., доп. и испр. /

М. Л. Кербер, Г. С. Головкин, Ю. А. Горбаткина и др. – СПб. : Профессия, 2011. – 560 с.

5. Мирзоев, Р. Г. Пластмассовые детали машин и приборов / Р. Г. Мирзоев. – Л. : Машиностроение, 1971. – 368 с.

6. Крыжановский, В. К. Технические свойства полимерных материалов : учеб.-справ. пособие / В. К. Крыжановский, В. В. Бурлов, А. Д. Паниматченко, Ю. В. Крыжановская. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Профессия, 2005. – 248 с.

7. Загрязняемость внутренних поверхностей емкостей сельскохозяйственных назначений / С. А. Анохин, Н. В. Воронин, А. А. Гуськов и др. // Наука в центральной России. – 2020. – № 1(43). – С. 60 – 69.

References

1. Ogrel', L. D. Rossijskij rynok polimerov i izdelij iz nih // Polimernye materialy. – 2020. – № 3. – S. 4 – 12.

2. Manufacturing products from polymers and polymerbased composite materials by solid phase pressure forming: problems, solutions and prospects // Kobzev D. Yu., Kombarova P. V., Baronin G. S. i dr. / International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 15th. – 2015. – C. 127 – 134.

3. Polimernye nanokompozity i izdeliya na osnove sverhvysokomolekulyarnogo polietilena (svmpe), poluchennye ob"emnoj shtampovkoj v tverdoj faze // Baronin G. S., Buznik V. M., Mishchenko S. V., Rodionov Yu. V. i dr. / V sbornike: Sovremennye tverdofaznye tekhnologii: teoriya, praktika i innovacionnyj menedzhment Materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-innovacionnoj molodyozhnoj konferencii. – 2016. – S. 28 – 33.

4. Kerber M. L., Golovkin G. S., Gorbatkina Yu. A. i dr. Polimernye kompozicionnye materialy. Struktura. Svojstva. Tekhnologii / pod red. A. A. Berlina. – 3-e izd., dop. i ispr. – SPb. : Professiya, 2011. – 560 s.

5. Mirzoev, R. G. Plastmassovye detali mashin i priborov. – L. : Mashinostroenie, – 1971. – 368 s.

6. Tekhnicheskie svojstva polimernyh materialov : Ucheb.-sprav. Posobie / V. K. Kryzhanovskij, V. V. Burlov, A. D. Panimatchenko, Yu. V. Kryzhanovskaya. – 2-e izd., ispr. i dop. – SPb. : Professiya, 2005. – 248 str.

7. Filatov, I. S. Zagryaznyaemost' vnutrennih poverhnostej emkostej sel'skohozyajstvennyh naznachenij / S. A. Anohin, N. V. Voronin, A. A. Gus'kov, D. V. Nikitin, Yu. V. Rodionov, I. S. Filatov // Nauka v central'noj Rossii. – 2020. – № 1(43). – S. 60 – 69.

УДК 631.563

А. В. Гуд, С. А. Подгайский
(УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь, e-mail: sasha0735@mail.ru)

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА С ВАЛЬЦОВЫМИ ОРГАНАМИ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

Аннотация. Приведены результаты обзора конструкций существующих вальцовых дробилок и форм рабочих органов.

Ключевые слова: вальцовая дробилка, валец, конструктивно-технологическая схема, преимущества, недостатки.

A. V. Hood, S. A. Podgaysky
(Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus)

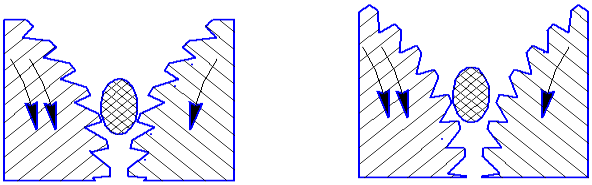
TECHNICAL MEANS WITH ROLLER BODIES FOR CRUSHING FEED GRAIN

Abstract. The article presents the results of a review of the existing roller crushers and the forms of working bodies.

Keywords: roller crusher, roller, design and technological scheme, advantages, disadvantages.

В Республике Беларусь на фуражные цели идет около 50% от валового сбора зерна по стране. Его эффективное использование для кормления является одним из условий получения низкой себестоимости продукции животных [1, 2]. На протяжении последних лет сохраняется последовательная динамика к росту производства зерна, за последние годы валовой сбор составил 7 – 8,5 млн. тонн. Следовательно, выбор эффективной конструкции машины для подготовки фуражного корма является актуальной задачей.

В последние годы в сельском хозяйстве Республики Беларусь находят применение дробилки зарубежного производства с вальцовыми рабочими органами. Рабочий процесс вальцовой дробилки основан на разрушении зерна за счет разных скоростей вальцов. Среди факторов, влияющих на эффективность дробления зерновых продуктов, особое место занимает величина межвальцового зазора. Его изменение и установка являются одной из оперативных регулировок вальцовой дробилки.



а) *б*)

Рис. 1. Взаимное расположение профилей вальцов:
а – «острие по острию»; *б* – «спинка по спинке»

Поверхность вальцов может быть рифленой, микрошероховатой и гладкой. Применение рифленых вальцов оказывает существенное влияние на процесс дробления. Эффективность дробления зависит от профиля рифлей, их количества, угла наклона рифлей, а также их взаимного расположения на парно работающих вальцах (рис. 1).

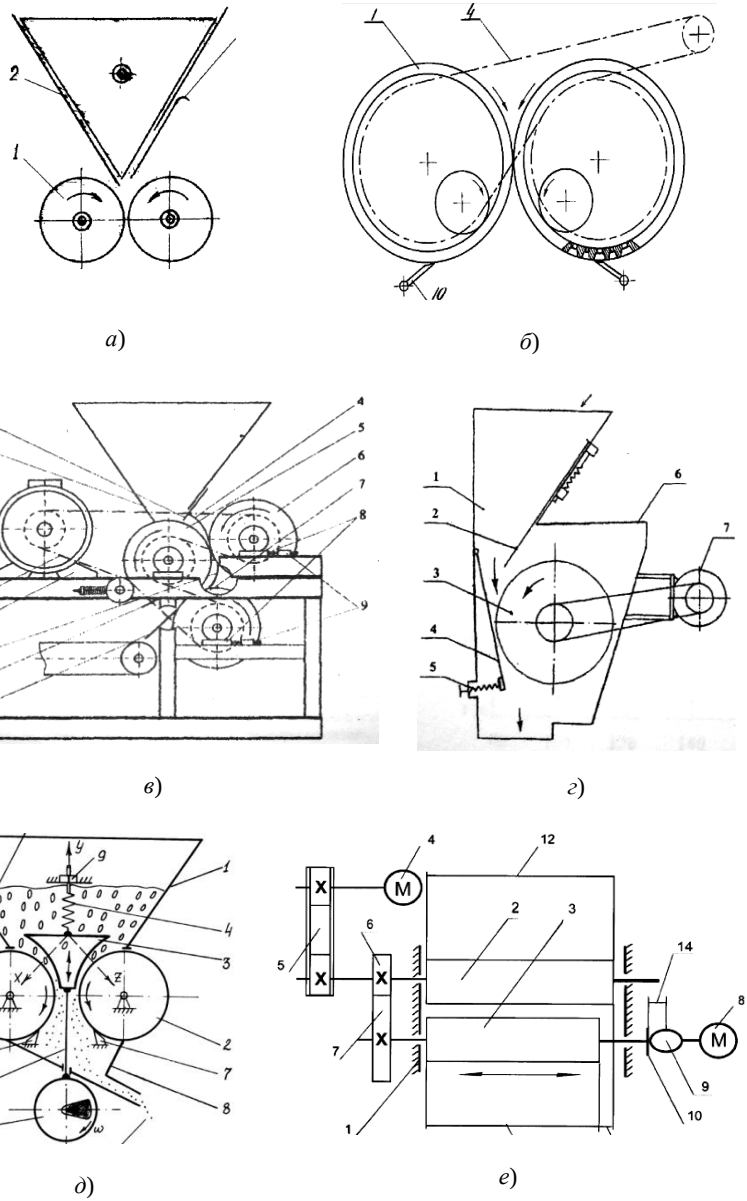
Зерно, попав в зону дробления (рис. 1, *а*), поддерживается гранью медленно вращающегося вальца и разрушается при ударе по нему гранью быстро вращающегося вальца. Такое взаиморасположение рифлей называется «острие по острию». Этот вариант является наиболее эффективным, так как разрушение происходит в результате сдвига. Более мягкое воздействие на продукт осуществляется при расположении рифлей «спинка по спинке» (рис. 1, *б*).

По результатам патентного и научно-технического обзора [3, 4] установлено, что по конструктивно-технологическим схемам (рис. 2) вальцовые дробилки бывают: *а* – с внешним расположением вальцов; *б* – с внутренним расположением вальцов; *в* – двухступенчатые; *г* – с одним вальцом и декой; *д* – внешне расположенные вальцы с вибровозбудителем; *е* – с колебательным движением вальца.

Наибольшее распространение получили вальцовые дробилки с внешним расположением вальцов, обеспечивающие качественную подготовку корма с минимальной энергоемкостью при сохранении высокой производительности. Машины с внутренним расположением вальцов предназначены для дробления с одновременным гранулированием фуражного корма.

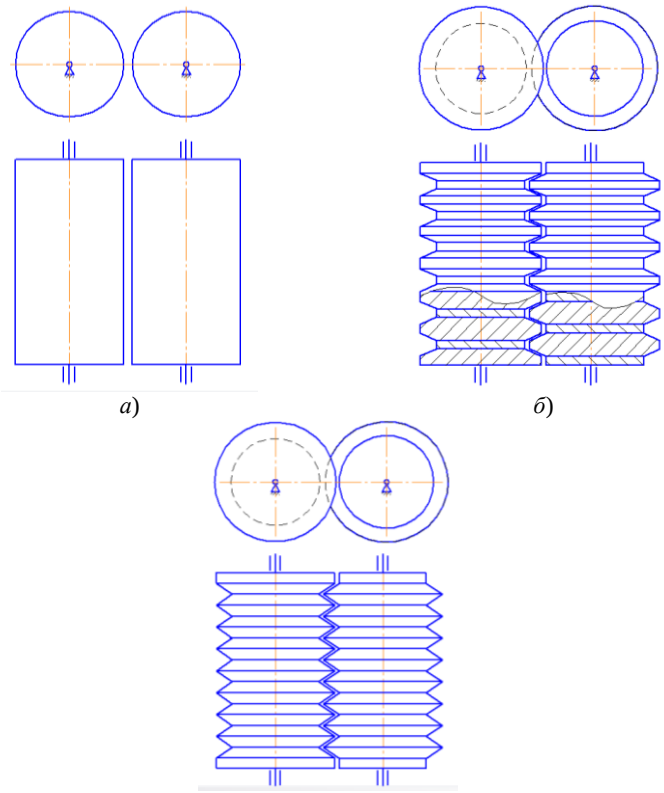
Двухступенчатые дробилки обеспечивают высокую равномерность гранулометрического состава корма при повышенном содержании в нем пылевидной фракции, что негативно сказывается на продуктивности и здоровье животных. Вальцедековые дробилки малопроизводительны.

Дробилки с внешнерасположенными вальцами и вибровозбудителем и машины с колебательным движением вальца сложны по конструкции.



а) *б*) *в*) *г*) *д*) *е*)

Рис. 2. Конструктивно-технологические схемы вальцовых дробилок



а) *б*) *в*)

Рис. 3. Исполнение вальцов:
а – гладкий; *б* – трапециевидные; *в* – треугольные

Конструктивно вальцы изготавливаются сборными и разборными. Известные формы вальцов представлены на рис. 3.

Основные параметры вальца – длина, диаметр, тип рабочей поверхности. Диаметр вальцов, машин, используемых в настоящее время, находится в интервале 125…450 мм.

В Республике Беларусь используются машины финского производства «Murska», канадского – «Renn roller mill», «Romill», белорусского – «ПВЗ», российского «ВМЗ» и др.

По результатам анализа конструкций наиболее распространенных вальцовых машин для дробления фуражного зерна, установлено, что основными преимуществами таких машин являются: энергетическая эффективность; равномерность гранулометрического состава готового корма; оперативность изменения модуля помола зерна; относительно

низкие уровни шума и запыленности. Наряду с преимуществами, вальцовые дробилки обладают также недостатками, к которым относятся быстрая залипаемость рифлей при дроблении влажных (более 18%) фуражных кормов и нагревание продукта.

Список использованных источников

1. Производственно-экономический потенциал сельского хозяйства Беларуси: анализ и механизмы управления / Т. А. Тетеринец, В. М. Синельников, Д. А. Чиж, А. И. Попов – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 160 с.

2. Синельников, В. М. Концептуальные подходы к инновационному обновлению кластера молочного скотоводства / В. М. Синельников, А. И. Попов, Н. М. Гаджаров // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2019. – № 1(71). – С. 86 – 94.

3. Тарасевич, А. М. Анализ конструкций и перспективы развития отечественного измельчающего оборудования / А. М. Тарасевич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-практической конференции, 17 – 19 октября 2007 г. – Минск, 2007. – Т. 2. – С. 148 – 154.

4. Воробьев, Н. А. Вальцовые рабочие органы машин для переработки зерна / Н. А. Воробьев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-практической конференции, 17 – 19 октября 2007 г. – Минск, 2007. – Т. 2. – С. 71 – 75.

References

1. Production and economic potential of agriculture in Belarus: analysis and management mechanisms / T. A. Teterinets, V. M. Sinelnikov, D. A. Chizh, A. I. Popov. – Tambov, 2018. – 160 p.

2. Sinelnikov, V. M. Conceptual approaches to innovative renewal of the dairy cattle breeding cluster / V. M. Sinelnikov, A. I. Popov, N. M. Gajarov // Questions of modern science and practice. Vernadsky University. – 2019. – № 1(71). – P. 86 – 94.

3. Tarasevich, A. M. The structural analysis and prospects of development of the domestic grinding equipment / M. A. Tarasevich// Scientific and technical progress in agricultural production: materials of the International scientific and practical conference, October 17 – 19, 2007. – Minsk, 2007. – V. 2. – P. 148 – 154.

4. Vorobyov, N. A. Roller working bodies of machines for grain processing / N. A. Vorobyov// Scientific and technical progress in agricultural production: materials of the International scientific and practical conference, October 17 – 19, 2007. – Minsk, 2007. – V. 2. – P. 71 – 75.

УДК 621.52:536.242:66.047.38

А. А. Гуськов[1], П. С. Лазин[2]
[1] (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Техника и технологии автомобильного транспорта», Тамбов, Россия, e-mail: tyoma-1@mail.ru);
[2] (ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», кафедра «Технологические процессы и техносферная безопасность, Мичуринск, Россия, e-mail: lazin.pavel@mail.ru)

ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСТРАКТОВ И СУШКА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. Анализируются разработанные установки для экстрагирования и сушки растительного сырья, приводятся их качественные и отличительные особенности, рассматриваются экспериментальные результаты исследований.

Ключевые слова: экстрагирование, сушка, барабанная сушилка, перемешивание, растительное сырье, лопастная мешалка, вакуумные технологии.

A. A. Guskov[1], P. S. Lazin[2]
[1] (Tambov State Technical University, Department of Engineering and Technology of Automobile Transport, Tambov, Russia);
[2] (Michurinsk State Agrarian University, Department of Technological Processes and Technosphere Safety, Michurinsk, Russia)

OBTAINING EXTRACTS AND DRYING OF PLANT RAW MATERIALS IN THE PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Abstract. The developed installations for extracting and drying plant raw materials are analyzed, their qualitative and distinctive features are given, and experimental results of research are considered.

Keywords: extraction, drying, drum dryer, mixing, vegetable raw materials, paddle agitator, vacuum technology.

Потребности населения в широком ассортименте высококачественной продукции при их ярко выраженной сезонности, сохраняющей высокие биологические свойства на протяжении всего года, достаточно сложно удовлетворить. В связи с увеличением площадей выращивания растительного сырья и его малого срока хранения возникает необходимость качественной переработки. Самыми актуальными и перспективными технологиями переработки на данный момент являются сушка и экстрагирование.

Для сушки продуктов растительного происхождения была разработана барабанная сушилка периодического действия (рис. 1). Влажный продукт поступает через загрузочный люк и попадает в сушильный перфорированный барабан, который вращается по часовой стрелке. Лопастная мешалка, установленная внутри барабана, вращается против часовой стрелки, перемешивает и пересыпает продукт, равномерно распределяя его по барабану, предотвращает слипание продукта и обеспечивает хороший контакт продукта с сушильным агентом [1]. Процесс происходит с помощью нагретого воздуха, подача воздуха осуществляется с двух сторон, при температуре 55…60 °С.

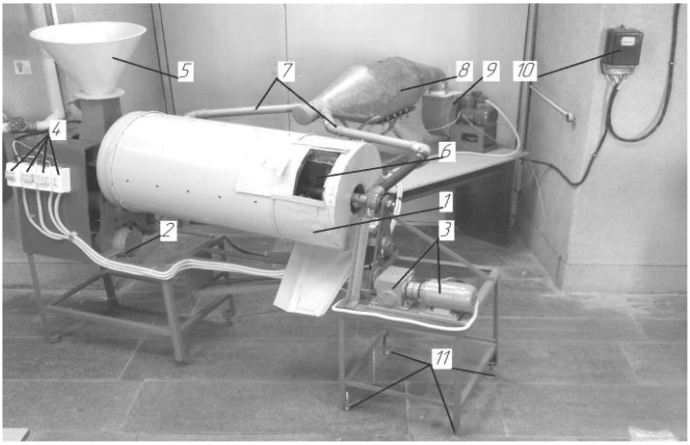


Рис. 1. Общий вид барабанной сушилки:
1 – сварной цилиндрический барабан; *2* – привод барабана;
3 – привод перемешивающего устройства; *4* – пульт регулировки;
5 – загрузочный люк; *6* – выгрузной люк; *7* – патрубки;
8 – нагревательная камера; *9* – вентилятор; *10* – счетчик электроэнергии;
11 – регулировочные винты

В сравнении с другими типами сушилок, к основным достоинствам данной сушилки барабанного типа можно отнести надежность, простоту в эксплуатации, точную регулировку процесса работы, высокую интенсивность, сушку больших размеров и объемов, возможность полностью механизировать и автоматизировать весь технологический процесс сушки.

В результате экспериментальных исследований [1, 2] было выявлено, что при использовании барабанной сушилки сокращается время процесса сушки, снижаются энергозатраты до 20% при температуре в 60 °С с начальным влагосодержанием продукта 74,9% и конечным 14%.

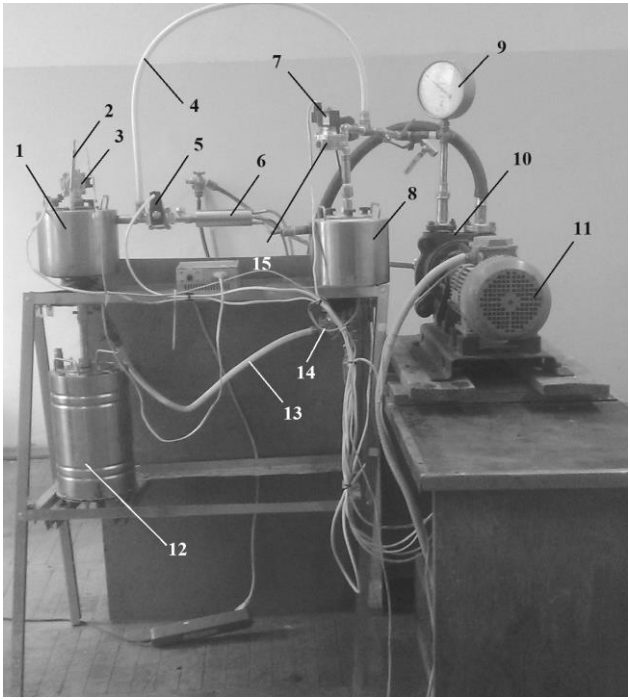


Рис. 2. Общий вид универсальной вакуумной установки для процессов экстрагирования и выпаривания:
1 – экстрактор; *2* – термопара; *3, 5, 14, 15* – клапан; *4, 13* – трубопровод; *6* – дистиллятор; *7* – трехпозиционный клапан; *8* – емкость сбора дистиллята; *9* – вакуумметр; *10* – ЖВН; *11* – электродвигатель; *12* – выпариватель

Для получения экстрактов разработана универсальная вакуумная установка для процессов экстрагирования и выпаривания (рис. 2). Отличительными особенностями установки является ее универсальность, т.е. способность перерабатывать различные виды растительного сырья при различной температуре кипения под вакуумом (30…60 °С в зависимости от требований к процессу экстрагирования для сохранения полезных веществ) за счет поддержания глубины вакуума до 2 кПа. Для интенсификации процесса экстрагирования сырье предварительно подвергалось вакуумным импульсам. Имеется возможность дальнейшего вакуумного выпаривания (концентрирования) экстракта до состояния сиропа или геля.

В работах [3, 4] были проведены эксперименты по получению экстрактов из продукции различных сортов: клубники, жимолости,

яблок, тыквы, чеснока, крапивы, хмеля, иссопа, монарды и др. Полученные данные показали, что продолжительность процесса экстрагирования снижается в среднем на 20%, а качественные показатели экстракта (полезные, биологически активные вещества и витамины) из-за щадящего режима (температура кипения 30…60 °С) практически в полной мере остаются в полученном растворе.

Таким образом, разработка новых конструкций установок по переработке растительного сырья является перспективным направлением научной деятельности и способствует развитию промышленности с/х производства.

Список использованных источников

1. Лазин, П. С. Повышение эффективности технологии сушки плодово-ягодной продукции / П. С. Лазин // Вестник Мичуринского ГАУ. – Мичуринск, 2017. – № 2. – С. 140 – 146.

2. Shcherbakov, S. Yu. Drying Hawthorn Berries in Drum Dryer Using Blade Agitator / S. Yu. Shcherbakov, I. P. Krivolapov, P. S. Lazin // Amazonia Investiga. – 2019. – 8(21). – P. 588 – 595.

3. Технологическая линия по производству экстрактов из растительного сырья / А. А. Гуськов, Ю. В. Родионов, С. А. Анохин и др. // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 2. – С. 82 – 85.

4. Универсальная экстрактно-выпарная установка растительного сырья / А. А. Гуськов, Ю. В. Родионов, В. П. Капустин и др. // Наука в центральной России. – 2017. – № 2(26). – С. 32 – 41.

References

1. Lazin, P. S. Improving the efficiency of technology for drying fruit and berry products // Vestnik Michurinsky GAU. – Michurinsk, 2017. – № 2. – P. 140 – 146.

2. Shcherbakov S. Y., Krivolapov I. P., Lazin P. S. Drying Hawthorn Berries in Drum Dryer Using Blade Agitator // Amazonia Investiga. – 2019. – 8 (21). – P. 588 – 595.

3. Guskov A. A., Rodionov Yu. V., Anokhin S. A., Elizarov I. A., Nazarov V. N., Nikitin D. V. Technological line for the production of extracts from plant raw materials // Agrarian scientific journal. – 2019. – No. 2. – P. 82 – 85.

4. Guskov A. A., Rodionov Yu. V., Kapustin V. P., Nikitin D. V., Anokhin S. A., Konovalov V. V. Universal extract-evaporation plant of plant raw materials // Science in Central Russia. – 2017. – No. 2(26). – P. 32 – 41.

УДК 681.5

П. В. Балабанов, А. Г. Дивин, С. В. Мищенко,
В. С. Макарова, А. В. Марков, Я. О. Садомов
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Мехатроника и технологические измерения», Тамбов, Россия, e-mail: miti@tstu.ru)

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СОРТИРОВКИ ЯБЛОК

Аннотация. Представлена функциональная схема роботизированного комплекса для сортировки яблок. Особенностью комплекса является использование гиперспектрального контроля для контроля наличия поверхностных и подповерхностных дефектов растительных тканей. Данный комплекс после перенастройки системы технического зрения может применяться для сортировки как яблок, так и других фруктов.

Ключевые слова: макет роботизированного комплекса, яблоки, сортировка, гиперспектральный контроль, нейронные сети, техническое зрение.

P. V. Balabanov, A. G. Divin, S. V. Mishenko,
V. S. Makarova, A. V. Markov, Ya. O. Sadomov
(Tambov State Technical University, Department of Mechatronics and Technological Measurements, Tambov, Russia)

ROBOTIC COMPLEX FOR SORTING APPLES

Abstract. The report presents a functional diagram of a robotic complex for sorting apples. A feature of the complex is the use of hyperspectral control to control the presence of surface and subsurface defects in plant tissues. After reconfiguring the vision system, this complex can be used for sorting both apples and other fruits.

Keywords: model of a robotic complex, apples, sorting, hyperspectral control, neural networks, technical vision.

Макет РК, созданный в рамках работ по Соглашению № 14.577.21.0214 от 03.10.2016 с Минобрнауки России, модернизирован [1] за счет установки в него системы технического зрения (СТЗ) на основе гиперспектральной камеры, манипулятора, обеспечивающего отбраковку по информации от СТЗ, и специального ПО. Модернизированный макет РК предназначен для автоматизированной отбраковки несоответствующих яблок и может быть использован сельскохозяйственными предприятиями, занимающимися переработкой плодово-

овощных культур. МРК позволяет повысить качество выхода годного продукта, а также, благодаря автоматизации, увеличить производительность сортировки.

Функциональная схема макета РК представлена на рис. 1. Макет представляет собой рольганговый конвейер *3*, ролики которого совершают одновременно линейное и вращательное движения. Подающее устройство *1* обеспечивает поочередное размещение яблок *2* в ложе между соседними роликами. Таким образом, яблоки, перемещаясь справа налево и одновременно вращаясь, проходят две зоны контроля. В первой зоне при помощи камеры Basler acA1920-155uc проходит обнаружение объекта контроля на конвейере, определение его геометрических параметров, цвета и других характеристик, обнаруживаемых в видимом диапазоне оптического излучения. Во второй зоне размещена гиперспектальная камера Specim FX10. Особенностью этой камеры является сканирование объекта вдоль линии, поэтому для регистрации всей поверхности движущегося и вращающегося объекта требуется сканирование, изменение координат поля зрения камеры.

Камера *6*, также типа Basler acA1920-155uc, участвует в определении координат объекта, содержащего недопустимые дефекты. Эти координаты, а также скорость движения конвейера, определяемая при помощи индуктивного датчика *9*, необходимы для управления роботом *10*, осуществляющим отбраковку по нескольким признакам. В случае, если отбраковка происходит по принципу «годен–не годен», то используется устройство сортировки *12* с приводом *13*, перемещающим яблоки в емкость *14* для соответствующих фруктов или емкость *15*

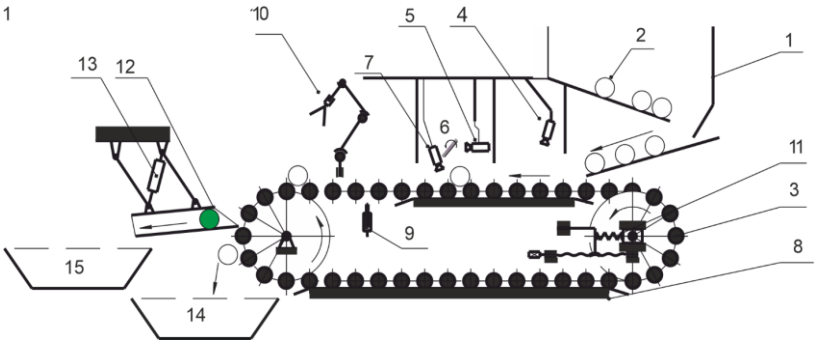


Рис. 1. Функциональная схема макета роботизированного комплекса по сортировке яблок

для брака. Для обеспечения стабильной работы конвейера макет РК имеет натяжное устройство *11* цепи.

Так как камера Specim FX10 представляет собой относительно тяжелый блок, соединенный кабелями с внешним оборудованием и чувствительный к тряске, перемещается не сама камера, а зеркало перед ней (рис. 2), оставляя камеру неподвижно закрепленной. С этой целью в состав системы технического зрения включен привод, осуществляющий поворот зеркала *6*.

Для достижения достаточного выходного момента и возможности установки более крупного зеркала используется высокомоментный шаговый двигатель с квадратным фланцем. Таким двигателем является двигатель NEMA23 в исполнении 51 мм в длину. Корпус этого двигателя имеет габариты 57×57×51 мм, что позволяет удачно вписать его в пределы корпуса установки. Вал, к которому присоединено зеркало, прикреплено к двигателю напрямую, минуя соединительные устройства. Для этого он имеет в торце отверстие под 6 мм вал двигателя. В нашем случае вал имеет длину 18 мм, диаметр 6 мм и лыску глубиной 0,5 мм и диной 12 мм. В связи с наличием лыски, на валу двигателя для фиксации вала в отверстии одним из наиболее простых и целесообразных способов является использование прижимного винта, расположенного перпендикулярно к валу. Наиболее дешевый вариант зеркала – зеркало из стекла с отражающим слоем. Необходимо выбрать такое стекло, которое будет обладать полосой пропускания, включающей в себя диапазон воспринимаемого излучения камеры. В связи с тем, что выбранная камера имеет диапазон воспринимаемого излучения 400 – 1000 нм, для зеркала подойдет натрий-кальций-силикатное стекло.

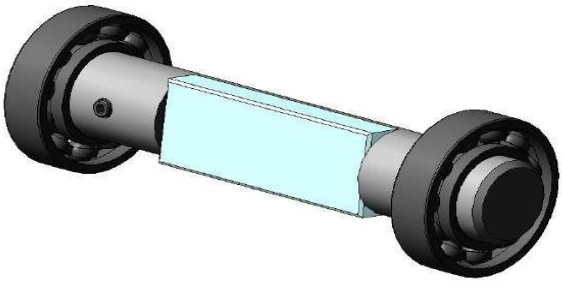


Рис. 2. Блок зеркальный

Таким образом, зеркало представляет собой прямоугольную стеклянную пластину толщиной 6 мм с нанесенным отражающим слоем.

Ширину зеркала целесообразно выбрать в 50 мм, так как эта ширина позволит при расположении зеркала в 25 мм от объектива камеры максимально использовать поле зрения камеры.

Управление приводом зеркала осуществляется с использованием контроллера Compact Rio фирмы “National Instruments”. В состав контроллера входят модули управления шаговым двигателем, модуль аналогового ввода и вывода

Программное обеспечение, осуществляющее сбор и обработку информации с камер, управление исполнительными устройствами и манипулятором создано с использованием языка программирования Python и среды LabView.

Предварительные испытания макета показали, что ошибка контроля второго рода не превышает 10%. Для дальнейшего уменьшения ошибки требуется увеличение объема выборки яблок, используемой для обучения нейронных сетей, на основе которых создано программное обеспечение обработки информации с видеокамер.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения проекта по Соглашению № 05.604.21.0240, уникальный идентификатор RFMEFI60419X0240.

Список использованных источников

1. Выявление дефектов на яблоках с помощью визуализации гиперспектрального отражения, сочетающей анализ вегетационного индекса и нейронную сеть / П. В. Балабанов, А. Г. Дивин, А. С. Егоров и др. // Метрологическое обеспечение инновационных технологий. Красноярская ратуша науки и технологий Союза научных и инженерных объединений России. Серия конференций JOP. – Красноярск, Россия, 2020. – С. 32 064.

References

1. Detection of Defects on Apples using hyperspectral reflection visualization combining both vegetation Index Analysis and neural Network / P. V. Balabanov, A. G. Divin, A. S. Egorov et al. // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. – C. 32 064.

УДК 681.5

И. В. Дидрих[1], В. Е. Дидрих[2],
М. А. Ивановский[1], А. А. Провоторов[1]
[1] (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Информационные системы и защита информации», Тамбов, Россия, e-mail: didr-irina@yandex.ru, ivanovskiy_62@mail.ru, blat-altema@yandex.ru);
[2] (АО «Тамбовский завод «Ревтруд», Тамбов, Россия, e-mail: dve54@mail.ru)

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ

Аннотация. Для систем мониторинга применяются методы нечеткой логики.
Ключевые слова: разрешающая способность системы, нечеткость, вероятность дешифрирования.

I. V. Didrikh[1], V. E. Didrikh[2], M. A. Ivanovsky[1], A. A. Provotorov[1]
[1] (Tambov State Technical University, Tambov, Russia, Department of Information systems and information security);
[2] (JSC “Tambov Plant “Revtrud”, Tambov, Russia)

IMPROVING THE QUALITY OF IMAGE CLASSIFICATION BY USING FUZZY LOGIC IN AGRICULTURAL MONITORING SYSTEMS

Abstract. Fuzzy logic methods are used for monitoring systems.
Keywords: system resolution, fuzziness, probability of decryption.

Критерий «разрешающая способность» по существу носит статистический характер и зависит от контраста миры, что определяется приближенной формулой [1]

$$R_k = R_{1,0} k^{0,36}, \qquad k = \frac{B_{\max} - B_{\min}}{B_{\max} + B_{\min}}, \tag{1}$$

где k – контраст миры; $R_{1,0}$ – разрешающая способность по контрасту 1,0 [мм$^{-1}$]; R_k – разрешающая способность по контрасту k [мм$^{-1}$]; $B_{\max}$ и $B_{\min}$ – соответственно максимальная и минимальная яркость объекта.

На разрешающую способность системы существенно влияет величина сдвига изображения в фокальной плоскости оптической системы, что приближенно оценивается эмпирическим выражением [1]

$$R_{\text{сд}} = R_0((3-1{,}8\eta)/(R_0\delta + 2{,}5 - 1{,}8\eta)\,,$$

где η – КПД затвора аэрофотоаппарата; δ – величина линейного сдвига в фокальной плоскости оптической системы, мм; R_0 – разрешающая способность системы при отсутствии сдвига изображения [мм$^{-1}$]; $R_{\text{сд}}$ – разрешающая способность системы с учетом сдвига изображения, мм$^{-1}$.

Суммарная разрешающая способность системы R_Σ, состоящей из n звеньев, определяется по формуле

$$R_\Sigma = \sum_{i=1}^{n} R_i^{-1}\,. \qquad (2)$$

Значения R_Σ, полученные с использованием (2), могут иметь ошибку, достигающую величины ±(30÷40)%. Обобщения результатов экспериментальных исследований и процесса дешифрирования изображений простых искусственных объектов различной формы и контраста позволили получить следующие выражения:

$$P = \exp\left[-\left(B\frac{A}{L}\right)^2\right], \qquad (3)$$

где P – вероятность дешифрирования объекта; L – максимальный размер объекта на местности, мм; A – минимальный размер различимой детали на местности, мм; B – коэффициент распознавания формы объекта.

$$A = \frac{m}{2R_k}\,, \qquad (4)$$

где m – знаменатель масштаба фотографирования; R_k – разрешающая способность по контрасту k.

Подставляя (4) в (3), получим:

$$P = \exp\left[-\left(\frac{mB}{L\cdot 2R_k}\right)^2\right]. \qquad (5)$$

Решая (5) относительно знаменателя масштаба съемки m, получим:

$$m = \frac{2LR_k}{B}\sqrt{-l_{np}}\,. \qquad (6)$$

В практических случаях наиболее часто применяют масштаб съемки m при заданной вероятности дешифрирования объектов $P = 0{,}8$, тогда (6) принимает вид:

$$m_{0,8} = \frac{0{,}95 \cdot L \cdot R_k}{B}. \qquad (7)$$

Среднеквадратичная погрешность определения координат местности на аэрофотоснимках с учетом совместного влияния изобразительных и измерительных свойств фотоизображения определяется выражениями [2]:

$$m_z = K1 \cdot \left[0{,}5 \left(\frac{103}{2{,}2 R_ф} \right)^2 + 2m_{виз}^2 + 2m_д^2 + 2m_{деф}^2 \right]^{0.5}, \qquad (8)$$

$$m_{x,y} = 0{,}5 \left[\left(\frac{103}{2{,}2 R_ф} \right)^2 + m_{виз}^2 + m_д^2 + m_{деф}^2 + 2\mathrm{tg}^2(a\, m_z^2) \right], \qquad (9)$$

где $m_{x,y}$, m_z – среднеквадратическая погрешность определения положения точек местности в плане и по высоте соответственно [мкм]; $R_ф$ – разрешающая способность фотоснимков стереопары [мм$^{-1}$]; $K1$ – показатель съемки ($K1$ = 0,8/0,95); $m_{виз}$ – среднеквадратическая погрешность визирования [мкм]; $m_д$ – среднеквадратическое значение дисторсии объектива АФА [мкм]; $m_{деф}$ – среднеквадратическое значение величины деформации подложки аэропленки [мкм]; a – угол наклона местности в определяемой точке [град].

Будем ориентироваться на применение принципа так называемой *det*-иерархии [1]. *det*0 соответствует позиции механического детерминизма – все величины имеют детерминированные значения, величины связаны детерминированными зависимостями в форме дифференциальных, интегральных уравнений и т.д. *det*1. Величине x приписывается не одно численное значение, а детерминированная функция $\rho x(u)$, представляющая собой распределение нечеткости величины x (функция принадлежности). В этом случае функция $\rho x(u)$ есть мера того, что значение x находится в непосредственной близости от u. В общем случае это не абсолютное, а относительное значение для всех других равновеликих интервалов. К абсолютным величинам приходят с помощью операции нормировки N.

Процесс оценивания для искомого распределения нечеткости $\rho x(u)$ должен сводиться к объединению элементарных распределений нечеткостей. Для объединения необходимо правило комбинирования для функций принадлежности, которое позволило бы полученную ра-

нее оценку $\rho x^*(u)$ записать как новую информацию, представленную через $\rho\Delta(u:xi)$. Построим правило комбинирования *comb*, выбранное с помощью последовательной стратегии оценивания для функций принадлежности

$$\rho x(u):\rho x^*(u):=comb(sp\,x^*(u);\ \ (1-s)\rho\Delta(u;xi)).$$

При этом величина s ($0 < s < 1$) представляет собой множитель (значение которого задает меру компромисса между прошлым и настоящим, инерционностью и изменчивостью). Величина s не константа, s постепенно должна изменяться от значения ½ к значению 1.

Правило комбинирования выбирается как любая детерминированная монотонная функция двух переменных, такая, что положительным значениям аргументов соответствуют также положительные значения функции. Операция *conj* вводится таким образом, что для задаваемого ею результата смещения возможно эквивалентное двумерное элементарное распределение нечеткости, т.е. имеет место соотношение

$$\rho\Delta(u,a;u',a')=conj(\rho\Delta(u/a';u'),\rho\Delta(a;a')=conj(\rho\Delta(a/u';a'),\rho\Delta(u;u')).$$

Для конъюнкции нечетких событий операция *conj* является произведением в теории вероятностей только тогда, когда эти события статистически независимы. Тогда для двумерного распределения нечеткости ρX, $A(u,a)$ должно быть справедливым выражение

$$\rho X, A(ua)=\frac{comb}{a'u'}(\rho\Delta(u,a;u',a')).$$

Если для операции выполняется распределительный закон, то возможно дальнейшее упрощение:

$$\rho X, A(ua)=\frac{comb}{a'}(conj(\rho X(u/a'),\rho\Delta(a;a'))=\frac{comb}{a'}(conj(\rho A(a/u'),\rho\Delta(u;u'))$$

с условными распределениями нечеткости

$$\rho X(u/a')=\frac{comb}{u'}\rho\Delta(u/a';u') \quad \text{и} \quad \rho A(a/u')=\frac{comb}{a'}\rho\Delta(a/u';a').$$

Описанный процесс оценивания для искомого распределения нечеткости может быть использован в системах мониторинга.

Список использованных источников

1. Грант региональный РФФИ 17-48-680254 «Модели и методы ИК-заметности подповерхностных объектов для предотвращения аварий в системах жизнеобеспечения города с использованием беспилотных летательных аппаратов». Рук. Алексеев В. В.

2. ПНИЭР RFMEFI57716X0214 «Построение моделей и алгоритмов информационного обеспечения систем технического зрения для контроля качества растительной сельскохозяйственной продукции». Рук. Дивин А. Г.

References

1. Grant regional RFBR 17-48-680254 “Models and methods of IR visibility of subsurface objects to prevent accidents in city life support systems using unmanned aerial vehicles”. Ruk. Alekseyev V. V.

2. PNIER RFMEFI57716X0214 “Construction of models and algorithms for information support of technical vision systems for quality control of plant agricultural products of the hands”. Ruk. Divin A. G.

УДК 664.723

В. М. Дмитриев, Е. А. Сергеева
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Природопользование и защита окружающей среды», Тамбов, Россия, e-mail: dmitriev_tstu@mail.ru)

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МАЛОГАБАРИТНЫХ ШАХТНЫХ СУШИЛОК ДЛЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Аннотация. Статья посвящена анализу непрерывного процесса конвективной сушки зерновых культур в плотном продуваемом слое и разработке конструктивных решений энергосберегающих малогабаритных сушильных установок для фермерских хозяйств. Обоснован и конструктивно использован способ энергосбережения теплоносителя.

Ключевые слова: сушка, сушилки шахтного типа, плотный продуваемый слой зернистого материала, теплоноситель.

V. M. Dmitriev, E. A. Sergeeva
(Tambov State Technical University, Department of Nature Management and Environmental Protection, Tambov, Russia)

DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT SMALL-SIZED SHAFT DRYERS FOR FARMS

Abstract. The article is devoted to the analysis of the continuous process of convective drying of grain crops in a dense blown layer and the development of design solutions for energy-saving small-sized drying plants for farms. The method of heat carrier energy saving has been substantiated and constructively used.

Keywords: drying, shaft-type dryers, dense blown-through layer of granular material, heat carrier.

Теория и практика процессов удаления влаги из зернистых и гранулированных материалов показывает [1, 2], что зерновые культуры относятся к группе влажных материалов с большим диффузионным сопротивлением. Для них типичным является весьма длительное время сушки (до 4…8 ч). Дополнительными ограничениями, определяющими длительность процесса внутреннего массопереноса в единичной зерновке, являются максимально допустимые температурные условия процесса сушки, отличные для фуражного и семенного фонда. Характерной кинетической особенностью зерновых культур является быстрое удаление внутренней влаги в первоначальный период сушки. Затем при уменьшении влагосодержания внутренняя структура зерновки существенно уплотняется, что приводит к ощутимому снижению значения коэффициента эффективной диффузии и, соответственно, длительному времени окончательной сушки со значительными энергозатратами. Одна из разработанных конструкций малогабаритных шахтных сушилок позволяет увеличить степень отработки теплоносителя, установить оптимальные высоты зоны нагрева влажного зерна и зоны отбора теплоносителя для возврата в зону предварительного нагрева, увеличить производительность за счет ускоренного нагрева отработанным теплоносителем поступающего на сушку влажного материала. Высушиваемое зерно движется под действием силы тяжести в кольцевом продуваемом слое. При этом на начальной стадии сушки достаточно быстро происходит удаление примерно одной трети общего количества влаги в высушиваемом зерновом материале, теплоноситель отрабатывается почти полностью как по влаге, так и по температуре и не представляет интереса для дальнейшего использования в целях энергосбережения. Высота зоны первичной обработки (зона В) назначается исходя из знания кинетики процесса сушки конкретной зерновой культуры по справочной литературе. В следующую зону (зона С) зерно поступает прогретым почти до температуры сушильного агента. Потенциал сушильного агента используется только на удаление влаги из зерновки. Однако в силу значительного диффузионного сопротивления процессу внутреннего массопереноса влаги в зерновке время сушки на конечной стадии является значительным. При этом теплоноситель не отрабатывается полностью по температуре, что ухудшает экономические показатели сушилки. Поэтому в целях более полного использования потенциала теплоносителя его часть, выходящая из слоя зерна в зоне С, направляется в зону А. Это зона нагрева поступающего в сушилку влажного зерна. Высота зоны А зависит от многих факторов: размера зерновки, сорта культуры, начальной температуры зерна, наличия поверхностной влаги и т.д. На практике высота зоны

А устанавливается путем измерения выходной температуры теплоносителя. Высота зоны А может быть увеличена в процессе сушки до значений, при которых температура выходящего теплоносителя не станет сопоставимой с температурой поступающего на сушку зернового материала. При этом условии полностью используется потенциал теплоносителя. Дальнейшее увеличение высоты зоны нагрева нежелательно из-за увеличения гидравлического сопротивления сушилки.

Список использованных источников

1. Кавецкий, Г. Д. Оборудование для производства пластмасс / Г. Д. Кавецкий. – М.: Химия, 1986. – 224 с.

2. Рудобашта, С. П. Диффузия в химико-технологических процессах / С. П. Рудобашта, Э. М. Карташов. – М. : КолосС, 2010. – С. 337 – 342.

References

1. Kavetsky, G. D. Equipment for the production of plastics / G. D. Kavetsky. – M. : Chemistry, 1986 . – 224 p.

2. Rudobashta, S. P. Diffusion in chemical engineering processes / S. P. Rudobashta, E. M. Kartashov. – M. : KolosS, 2010. – P. 337 – 342.

УДК 664.723

В. М. Дмитриев, Е. А. Сергеева

(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Природопользование и защита окружающей среды», Тамбов, Россия, e-mail: dmitriev_tstu@mail.ru)

СУШИЛКИ ВЗВЕШЕННОГО ЗАКРУЧЕННОГО СЛОЯ МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. Статья посвящена решению задачи предварительной обработки зерна перед основной сушкой в сушильных аппаратах шахтного типа. Разработаны двух- и четырехкорпусные конвективные сушилки закрученного слоя зерна с возможностью очистки от легких и тяжелых загрязняющих фракций. Даны рекомендации по применению разработанных зависимостей для повышения качества зерновой продукции.

Ключевые слова: сушка, закрученный взвешенный слой, зерно, теплоноситель.

V. M. Dmitriev, E. A. Sergeeva
(Tambov State Technical University, Department of Nature Management and Environmental Protection, Tambov, Russia)

SWIRL DRYERS FOR GRAIN PRETREATMENT

Abstract. The article is devoted to solving the problem of grain pretreatment before the main drying in shaft-type dryers. Developed two- and four-case convective swirling grain dryers with the ability to remove light and heavy contaminating fractions. Recommendations are given on the use of the developed dependencies to improve the quality of grain products.

Keywords: drying, swirling suspended layer, grain, heat carrier.

Повышение качества посевных и продовольственных зерновых культур предполагает постоянное совершенствование технологии и аппаратурного оформления процессов сушки. Сушка зерновых культур проводится преимущественно в сушильных аппаратах шахтного типа с плотным продуваемым слоем движущегося зернового продукта [1]. Для получения качественного высушенного зерна желательным условием перед конвективной сушкой является предварительная подготовка обрабатываемого зернового материала, включающая в себя очистку исходного продукта от легких и тяжелых посторонних фракций и удаление следов свободной внешней влаги.

На рисунке 1 представлена двухсекционная конвективная сушилка с закрученным слоем зернистого материала, которая обеспечивает значительную степень турбулизации газового потока и высокие относительные скорости движения контактирующих фаз [2]. Продольное секционирование позволяет увеличить суммарное время пребывания зернистого материала в рабочей зоне, назначать разные параметры теплоносителя по зонам в соответствии с поставленной задачей. В первой секции происходит интенсивный нагрев для удаления поверхностной влаги и разрушение возможных агрегатов из высоковлажных зерновок. Дополнительно зерновой поток подвергается пневматической сепарации, регулируемой изменением расхода теплоносителя. При этом тяжелые инородные частицы опускаются в нижнюю часть аппарата и попадают в бункер отходов, а легкие примеси удаляются с отходящим теплоносителем. Далее зерновой поток попадает во вторую секцию, где происходит окончательная сушка от внешней влаги. Затем очищенный от примесей и уже достаточно прогретый зерновой материал желательно сразу же подавать в шахтную сушилку для проведения основной стадии удаления внутренней влаги. Разработаны

также четырехсекционные аппараты, для которых характерно более длительное время обработки зернового потока высокотемпературным теплоносителем.

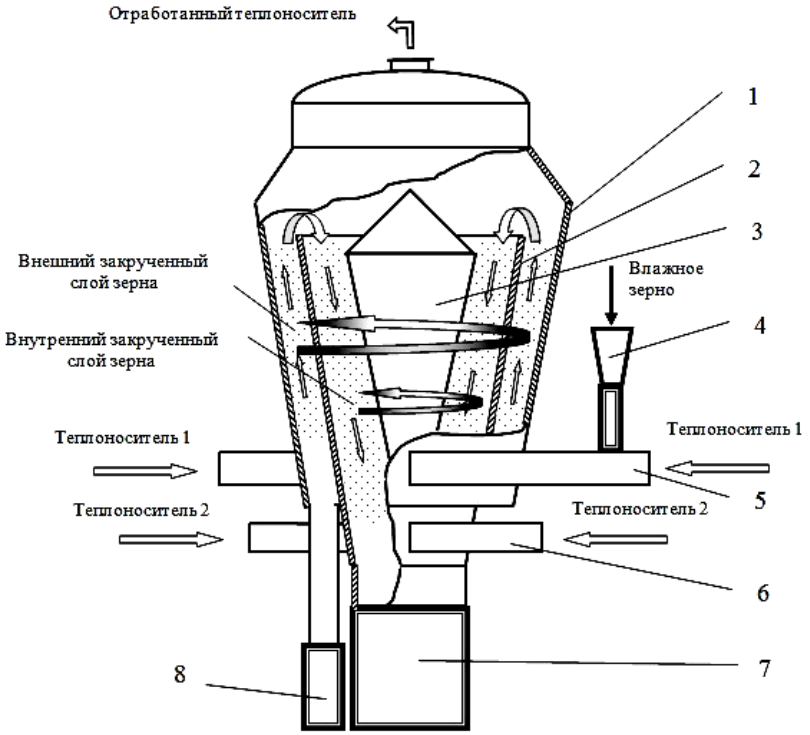


Рис. 1. Двухсекционная сушилка с закрученным слоем материала:
1 – внешний конус; *2* – внутренний конус; *3* – биконическая вставка; *4* – питатель; *5, 6* – патрубки подачи теплоносителя; *7* – приемный бункер; *8* – бункер отходов

Список использованных источников

1. Муштаев, В. И. Сушка дисперсных материалов / В. И. Муштаев, В. М. Ульянов. – М. : Химия, 1988. – 352 с.

2. Исследование аппарата с закрученным псевдоожиженным слоем инертного материала / С. П. Рудобашта, А. М. Воробьев, Г. С. Кормильцин, В. М. Дмитриев // Химия и химическая технология. – 1988. – № 12. – С. 121 – 125.

3. Сажин, Б. С. Основы техники сушки / Б. С. Сажин. – М. : Химия, 1984. – 320 с.

References

1. Mushtaev, V. I. Drying of dispersed materials / V. I. Mushtaev, V. M. Ulyanov. – M. : Chemistry, 1988. – 352 p.

2. Investigation of apparatus with a swirling fluidized bed of inert material / S. P. Rudobashta, A. M. Vorobiev, G. S. Kormiltsin, V. M. Dmitriev // Chemistry and chemical technology. – 1988. – № 12. – P. 121 – 125.

3. Sazhin, B. S. Basics of drying technique / B. S. Sazhin. – M. : Chemistry, 1984. – 320 p.

УДК 66.047-912

В. М. Дмитриев, Е. А. Сергеева
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Природопользование и защита окружающей среды», Тамбов, Россия, e-mail: dmitriev_tstu@mail.ru)

СУШИЛКА С ЗАКРУЧЕННЫМ СЛОЕМ ИНЕРТНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПАСТООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Статья посвящена решению задачи упорядочения движения закрученного потока зернистого инертного носителя в сушильных аппаратах для пастообразных материалов. Для увеличения производительности и устойчивости работы сушилки предложено разделение общего потока инертного носителя на два яруса с различной гидродинамической обстановкой и регулируемой сепарацией потока инертного носителя.

Ключевые слова: конвективная сушка, сушилки с закрученным слоем, инертный носитель.

V. M. Dmitriev, E. A. Sergeeva
(Tambov State Technical University, Department of Nature Management and Environmental Protection, Tambov, Russia)

TWISTED-BED DRYER FOR PASTY MATERIALS

Abstract. The article is devoted to solving the problem of streamlining the movement of a swirling flow of a granular inert medium in drying apparatus for pasty materials. To increase the productivity and stability of the dryer, it is proposed to divide the total flow of the inert carrier into two tiers with different hydrodynamic conditions and adjustable separation of the flow of the inert carrier.

Keywords: convective drying, swirl bed dryers, inert carrier.

Одним из развивающихся направлений интенсификации процесса сушки высоковлажных материалов (суспензии и пастообразные мате-

риалы) является применение эффективных аппаратов с закрученными слоями инертного зернистого носителя, характеризующихся активным гидродинамическим режимом и существенной относительной скоростью движения контактирующих фаз [1, 2] и, соответственно, значительными величинами коэффициентов тепло- и массообмена. Анализ работы сушильных аппаратов с закрученным слоем инертного носителя [1, 2] показал, что в ряде случаев наблюдаются такие общие недостатки, как недостаточная высота рабочего слоя инерта, отсутствие в процессе работы разделения частиц с влажным материалом и высохшим по высоте слоя инерта, слабовыраженная вертикальная циркуляция частиц инерта.

Для устранения указанных недостатков предлагается пространственно разнести в сушильном аппарате стадии нанесения влажного материала на инертный носитель и сам процесс сушки влажного материала во избежание многослойного нанесения слоя влажного материала с вероятностью образования агрегатов.

На рисунке 1 представлена двухкамерная сушилка для сушки пастообразных материалов в закрученном взвешенном слое инертных тел. При первичном пуске в отсутствие подачи влажного материала все инертные тела образуют закрученный взвешенный слой, и соответственно, скорости витания находятся преимущественно в верхней камере. Обе камеры разделяются диафрагменной перегородкой, позволяющей изменять площадь поперечного сечения, соединяющего обе камеры, регулируя тем самым локальную скорость теплоносителя в сечении диафрагмы. Изменением сечения диафрагменной перегородки регулируется скорость витания в этом сечении, что позволяет эффективно применять сепарацию закрученного слоя инерта. При подаче влажного материала и нанесении его на поверхность инертных частиц отдельные инертные тела с избыточным нанесенным влажным материалом, а также агрегатированные инертные тела, проваливаются в нижнюю камеру через диафрагменную перегородку, подвергаются окончательной досушке с удалением высушенного материала с поверхности инертных частиц, а также разрушению агрегатов и возвратом свободных от высушиваемого материала частиц в верхнюю камеру. В нижнем ярусе организуется более активный гидродинамический режим, скорость движения частиц инерта на 35…70% больше, чем в верхней камере, что улучшает истирающие возможности слоя инерта. Указанное техническое решение позволяет для каждого конкретного высушиваемого материала с индивидуальными характеристиками задавать конкретную скорость витания в зоне диафрагменной перегородки, т.е. производить классификацию по весу инертных тел с нанесенным

материалом и осуществлять сушку инертных тел с «нормальным» распределением влажного материала в верхней камере и сушку в нижней камере инертных тел с избыточным нанесением влажного материала, а также активное разрушение в нижней камере агрегатов из отдельных частиц инерта. Использование предлагаемой сушилки обеспечивает по сравнению с существующими конструкциями разделение взвешенного слоя инертных тел на две части, что позволяет более полно использовать рабочий объем сушильной камеры при существенном увеличении эффективной площади тепломассообмена (до 30…35%).

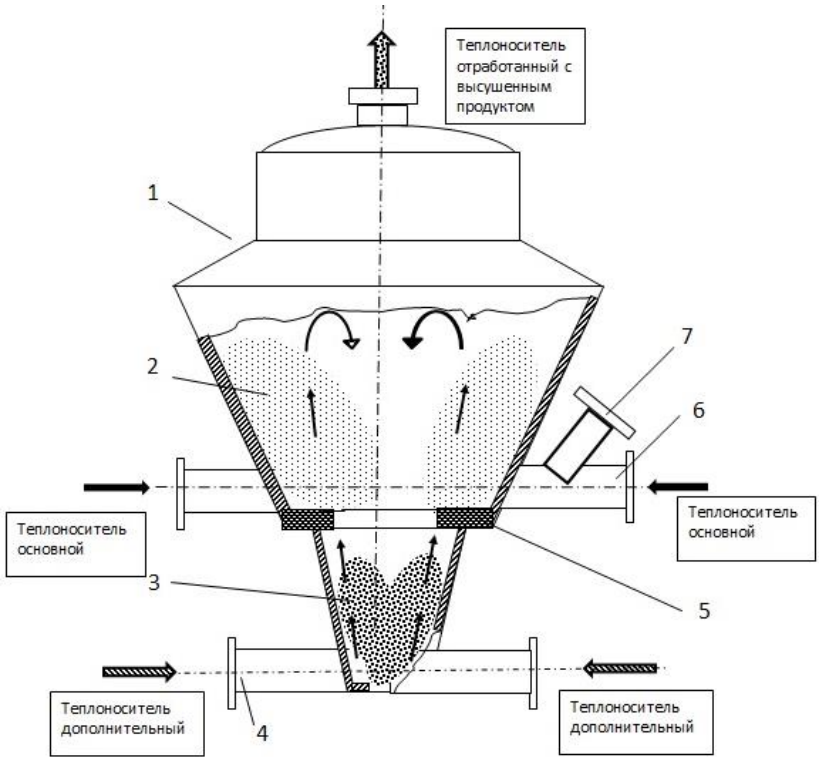


Рис. 1. Двухкамерная сушилка для сушки пастообразных материалов в закрученном взвешенном слое инертных тел:
1 – биконическая камера взвешенного закрученного слоя инертных тел; *2* – верхняя рабочая камера; *3* – нижняя рабочая камера, *4* – тангенциальные вводы дополнительного теплоносителя; *5* – диафрагменная перегородка; *6* – тангенциальные вводы основного теплоносителя; *7* – питатель

Список использованных источников

1. Исследование аппарата с закрученным псевдоожиженным слоем инертного материала / С. П. Рудобашта, А. М. Воробьев, Г. С. Кормильцин, В. М. Дмитриев // Химия и химическая технология. – 1988. – № 12. – С. 121 – 125.

2. Исследование интенсивности продольного перемешивания газовой фазы в аппарате с активным гидродинамическим режимом / А. М. Воробьев, Г. С. Кормильцин, В. М. Дмитриев, А. А. Горелов // Вестник Тамб. гос. ун-та, – 1997. – Т. 2, Вып. 2. – С. 232.

References

1. Investigation of apparatus with a swirling fluidized bed of inert material / S. P. Rudobashta, A. M. Vorobiev, G. S. Kormiltsin, V. M. Dmitriev // Chemistry and chemical technology. – 1988. – № 12. – P. 121 – 125.

2. Investigation of the intensity of longitudinal mixing of the gas phase in an apparatus with an active hydrodynamic regime / A. M. Vorobiev, G. S. Kormiltsin, V. M. Dmitriev, A. A. Gorelov. – Bulletin of TSTU. – 1997. – T. 2, Is. 2. – P. 232.

УДК 664.723

В. М. Дмитриев, Е. А. Сергеева

(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Природопользование и защита окружающей среды», Тамбов, Россия, e-mail: dmitriev_tstu@mail.ru)

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ПЛОТНОГО ЗЕРНОВОГО СЛОЯ В ШАХТНЫХ СУШИЛКАХ

Аннотация. Статья посвящена решению задачи организации движения потока зернистой фазы в сушильных аппаратах шахтного типа. Исследовано воздействие конструктивной шероховатости сетчатых стенок сушильного тракта при изменении угла наклона стенок сушильного аппарата на характер движения твердой фазы с сопутствующим влиянием толщины слоя высушиваемого материала. Даны рекомендации по применению полученных зависимостей для конструирования малогабаритных шахтных сушилок.

Ключевые слова: сушка, сушилки шахтного типа, твердая фаза.

V. M. Dmitriev, E. A. Sergeeva

(Tambov State Technical University, Department of Nature Management and Environmental Protection, Tambov, Russia)

ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF THE MOVEMENT OF A DENSE GRAIN LAYER IN MINE DRYERS

Abstract. The article is devoted to solving the problem of organizing the flow of the granular phase in dryers of the shaft type. The effect of the structural roughness of the mesh walls of the drying tract with a change in the angle of inclination of

the walls of the drying apparatus on the nature of the movement of the solid phase with the concomitant effect of the thickness of the layer of the dried material has been investigated. Recommendations are given on the application of the obtained dependencies for the design of small-sized shaft dryers.
Keywords: drying, shaft dryers, solid phase.

Сохранность базовых посевных и продовольственных свойств зерновых культур неразрывно связана с совершенствованием технологических приемов сушки и оптимального хранения зерновых культур.

Обработка зерновых культур проводится преимущественно в сушильных аппаратах шахтного типа с плотным продуваемым слоем движущегося зернового продукта. При этом стенки сушилок изготавливаются перфорированными или сетчатыми с ощутимым влиянием на структуру движущегося плотного потока твердой фазы.

В итоге заведомо ухудшается качество высушенного зернового материала, в котором появляются в значимом количестве отдельные недосушенные или пересушенные отдельные зерновки.

Наше исследование процесса конвективной сушки зерновых продуктов при уборке и хранении [1, 2] показало, что в ряде применяемых конструкций сушильных аппаратов с продуваемым слоем высушиваемого зерна образуются пристеночные области слоя материала с заторможенным движением зернистого продукта. Практика математического моделирования для отнесения конструкций аппаратов к конкретному типу использует параметр $Pe_т$, при значении которого $Pe_т \geq 40$ конкретные сушильные конструкции можно классифицировать как аппараты идеального вытеснения [2]. Для шахтных сушилок с продуваемым слоем зернистого материала для уменьшения влияния шероховатости стенок наиболее эффективным и конструктивно простым является использование расширяющегося канала рабочей зоны аппарата [3].

Отсутствие конкретизированных справочных данных по влиянию шероховатости стенок сушильных аппаратов на структуру потока твердой фазы обусловливает потребность инструментального исследования процесса движения потоков зерновых материалов при выборе конструктивного решения сушильного тракта.

Изучение и анализ особенностей движения потока зернистой фазы в вертикальных шахтных сушилках с сетчатыми боковыми стенками проводилось на плоской модели движущегося регулируемого слоя зернистого материала с заменяемыми сетчатыми стенками. Для исследования выбраны как грубые сетчатые материалы, так и с достаточно малой регулярной шероховатостью (табл. 1).

1. Характеристика сетчатых и перфорированных стенок

№	Тип стенки	Диаметр проволоки, $d \cdot 10^3$, м	Размер ячейки, $(а \cdot в) \cdot 10^3$, м
1	Проволочная, плетеная	0,4	2,2 · 2,2
2	Проволочная, плетеная	0,25	1,8 . 1,8
3	Проволочная, плетеная	0,2	1,5 . 15
4	Проволочная, ленточная (5 нитей)	0,2	–

На рисунке 1 представлены экспериментальные данные по структуре потока твердой фазы при разных углах наклона стенок, выполненных из сетки № 1 (табл. 1).

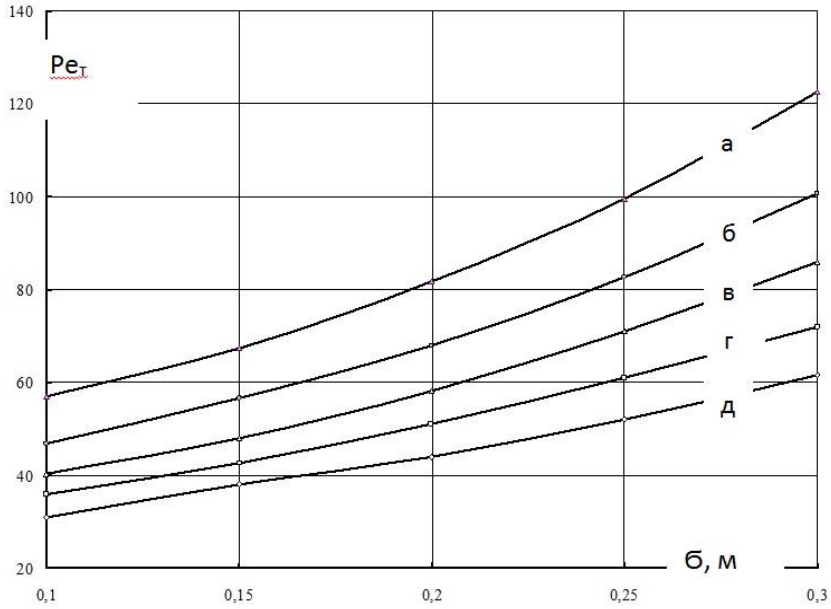


Рис 1. Зависимость $Pe_т$ от толщины продуваемого слоя зерна при вертикальном отклонении боковых стенок:
а – угол 5°; *б* – угол 4°; *в* – угол 3°; *г* – угол 2°; *д* – угол 1°.
Материал сетки № 1 (таблица 1)

Установлено, что при незначительных углах наклона стенок (1…2°) на структуру потока зернистого материала оказывает значимое влияние шероховатость сеток ($Pe_т$ = 30…35). Увеличение угла наклона стенок (4…5°) существенно снижает влияние шероховатости сеток на структуру потока ($Pe_т$ = 100…120). Как показывает анализ данных рис. 1, на значение $Pe_т$ влияют не только конструктивные параметры сетчатого материала, но и толщина слоя высушиваемого продукта. Для остальных сеток (табл. 1) значения $Pe_т$ больше на 20…40%.

Следовательно, при проектировании шахтных зерносушилок для уменьшения влияния шероховатости сетчатых стенок на структуру потока твердой фазы желательны углы наклона боковых стенок 5…7° с оптимальными толщинами продуваемого слоя (0,25…0,3 м), что обеспечит работу шахтных сушилок в режиме, близком к режиму идеальному вытеснения.

Список использованных источников

1. Исследование кинетики сушки зерновых культур / С. И. Дворецкий, В. М. Дмитриев, Г. С. Кормильцин и др. // Вестник ТГТУ. – 2002. – Т. 8. – С. 228–229.

2. Левеншпиль, О. Инженерное оформление химических процессов / О. Левеншпиль ; под ред. М. Г. Слинько. – М. : Химия, 1969. – 621 с.

3. Гячев, Л. В. Основы теории бункеров / Л. В. Гячев. – Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 1992. – 312 с.

References

1. Research of the kinetics of drying grain crops / S. I. Dvoretsky, V. M. Dmitriev, G. S. Kormiltsin et al. // Bulletin of TSTU. – 2002. – T. 8. – P. 228–229.

2. Levenshpil, O. Engineering design of chemical processes / O. Levenshpil ; Ed. Slinko M. G. – M. : Chemistry, 1969. – 621 p.

3. Gyachev, L. V. Fundamentals of the theory of bunkers / L. V. Gyachev. – Novosibirsk : Novosib. University, 1992. – 312 p.

УДК 004

К. А. Ерусланов[1], К. В. Немтинов[1], А. Н. Зазуля[2]
[1] (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», Тамбов, Россия, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru);
[2] (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Агроинженерия», Тамбов, Россия, e-mail: msh@nnn.tstu.ru)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕЯЛОК ДЛЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы конструкторской разработки и дизайнерского оформления сеялки для зерновых культур. Для решения задачи использована технология автоматизированного проектирования перспективных технологических комплексов, которая одновременно учитывает: представление комплекса задач проектирования технологических агрокомплексов (автоматизированного выбора структурной схемы сеялки, типовых узлов и механизмов, а также конструкторской разработки оригинальных узлов и компоновки всех узлов сеялки) в виде единой системы с использованием теории сложных систем и наличия единой информационной базы; комплексное оценивание (с экономических и технологических позиций) конструкторских решений.

Ключевые слова: технология автоматизированного проектирования, конструкторская разработка, сеялка для зерновых культур.

K. A. Eruslanov[1], K. V. Nemtinov[1], A. N. Zazulya[2]
[1] (Tambov State Technical University, Department of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering, Tambov, Russia);
[2] (Tambov State Technical University, Department of Agroengineering, Tambov, Russia)

DESIGNING SEED DRILLS FOR CEREALS WITH THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES

Abstract. The article deals with the issues of design development and design design of seeders for grain crops. To solve the problem used the technology of computer-aided design of perspective technological systems that simultaneously takes into account: presentation of the complex problems of designing of technological agro-complexes (automated choice of the structural scheme of the planter, the model components and mechanisms, and development of original units and layout of all units of the planter) in a single system using the theory of complex systems and a common information base; integrated assessment (economic and technological standpoint) design decisions.

Keywords: computer-aided design technology, design development, seeder for grain crops.

Стадия конструкторских работ играет важную роль в формировании технического уровня будущей сельскохозяйственной технике, так как на этом этапе закладываются основные технические параметры и конструкторские решения создания новых сельскохозяйственных машин, недостатки которых трудно, а зачастую, невозможно исправить на последующих стадиях [1]. В настоящее время широко применяются интегрированные системы компьютерного проектирования технологических агрокомплексов. Применение их значительно повышает эффективность труда конструктора, автоматизируя рутинные операции проектирования и оформления документации для конкретно принятого варианта проектного решения. Однако при этом остается нерешенной задача получения оптимального варианта (или нескольких близких к оптимальному варианту) для реальных условий эксплуатации сельскохозяйственной техники [2, 3].

Решение данной задачи возможно на основе использования автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений для проектирования сельскохозяйственной техники, основной функцией которой является исследование основных параметров технологических процессов при ее использовании в сельском хозяйстве, включая системный, информационный, экономический и технологический анализ.

Для решения этой проблемы авторами использована технология автоматизированного проектирования перспективных технологических комплексов, которая:

1) одновременно учитывает: представление комплекса задач проектирования технологических агрокомплексов (автоматизированного выбора структурной схемы комплекса (установки), типовых узлов и механизмов, а также конструкторской разработки оригинальных узлов и компоновка всех узлов комплекса) в виде единой системы с использованием теории сложных систем и наличия единой информационной базы; комплексное оценивание (с экономических и технологических позиций) конструкторских решений;

2) обеспечивает: повышение интеллектуализации обработки информации в области проводимых исследований; значительное снижение сроков и затрат на проектирование технологических агрокомплексов; резкое уменьшение количества ошибок проектировщиков и их устранение на ранних этапах проектирования, обеспечение технологичности – удобства и легкости реализации процесса функционирования отдельных узлов и всего комплекса (установки) в целом.

Настоящая работа посвящена вопросам реализации стадии конструкторской разработки сеялки для зерновых культур.

При разработке конструкции авторами были использованы 2D-3D чертежные системы (AutoCAD и КОМПАС). Механические расчеты для данных узлов установки были выполнены в соответствии с ГОСТ 26711–89. При этом авторы использовали систему MathCad, позволяющую автоматизировать процедуру их реализации.

В соответствии с разработанной конструкторской документацией сеялки в ООО «ЕРУСЛАН» изготовлен опытный образец, фото которого представлено на рис. 1. Опытные испытаний сеялки, проведенные на полях Ростовской области, в Шолоховском районе на землях ЗАО «Борец», показали высокую эффективность предложенной конструкции машины.

Рис. 1. Изображение опытного образца сеялки для зерновых культур

Список использованных источников

1. Немтинов, К. В. Технология автоматизированного синтеза сложных технологических комплексов / К. В. Немтинов, А. К. Ерусланов, В. А. Немтинов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2014. – № 1. – С. 75 – 83.

2. Analysis of decision-making options in complex technical system design / V. Nemtinov, A. Zazulya, V. Kapustin, Yu. Nemtinova // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – 1278(1). – 012018.

3. Design and study of seeding devices for small selection seeding machines / V. Nemtinov, N. Kryuchin, A. Kryuchin, Yu. Nemtinova // E3S Web of conferences. – 2019. – 126, 00003.

References

1. Nemtinov K. V., Eruslanov A. K., Nemtinov V. A. Technology of automated synthesis of complex technological complexes, Information technologies in design and production. – 2014. – No. 1. – P. 75 – 83.

2. Nemtinov, V. Analysis of decision-making options in complex technical system design / Vu. Nemtinov, A. Zazulya, V. Kapustin, Yu. Nemtinova // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – 1278(1), 012018.

3. Design and study of seeding devices for small selection seeding machines / V. Nemtinov, N. Kryuchin, A. Kryuchin, Yu. Nemtinova, E3S Web of conferences. – 2019. – 126, 00003.

УДК 664.292

Э. С. Иванова[1], О. М. Блинникова[1],
В. С. Ермаков[2], А. В. Дьяченко[2]
[1] (ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Мичуринск, Россия, e-mail: elvira-ivanova14@mail.ru);
[2] (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия)

ПРОИЗВОДСТВО ПЕКТИНА ИЗ МЕСТНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Аннотация. Одним из актуальных вопросов современных исследований является профилактика и лечение таких заболеваний, как сахарный диабет, гипертония, ожирение, ишемическая болезнь сердца и др. Перспективным компонентом для рациона профилактического питания являются пектиновые вещества, которые способствуют нормальному функционированию организма человека. В статье описана технология получения пектина из местного растительного сырья.

Ключевые слова: пектиновые вещества, сушка, экстрагирование, профилактическое питание.

E. S. Ivanova[1], O. M. Blinnikova[1], V. S. Ermakov[2], A. V. Dyachenko[2]
[1] (Michurinsky State Agrarian University, Michurinsk);
[2] (Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

PRODUCTION OF PECTIN FROM LOCAL PLANT RAW MATERIALS

Abstract. One of the topical issues of modern research is the prevention and treatment of diseases such as diabetes, hypertension, obesity, coronary heart disease and others. A promising component for the diet of preventive nutrition are pectin substances that contribute to the normal functioning of the human body. The article describes the technology for obtaining pectin from local plant raw materials.

Keywords: pectin substances, drying, extraction, preventive nutrition.

Среди наиболее распространенных заболеваний на территории Российской Федерации выделяют сахарный диабет, гипертонию, ожирение, ишемическую болезнь сердца, гастрит и др. Для профилактики и лечения многих из этих заболеваний могут быть использованы продукты питания из тыквы из-за пектина в составе.

Пектин – природный полисахарид, который является основным строительным материалом клеточной стенки растений. Широкое применение он находит как пищевая добавка, которая выполняет функцию загустителя, стабилизатора и эмульгатора. В европейской системе кодификации пищевых добавок пектину присвоен код Е440 [1]. Полезным лечебно-профилактическим свойством пектиновых веществ является вывод из организма человека холестерина, желчи, токсинов и т.п. [2].

Часто используемым сырьем для получения пектина является яблочные выжимки, корочки цитрусовых, жом сахарной свеклы и даже корзинки подсолнечника. Достаточно большое количество пектина содержится в тыкве, а, именно, в тыкве сорт «Мичуринская», которая широко распространена для выращивания в Тамбовской области [3, 4].

В данной статье рассмотрим технологию (рис. 1) получения пектина из растительного сырья.

На начальной стадии растительный материал обязательно подвергается мойке, затем сырье очищается (в том случае, когда это необходимо) и нарезается. Важными процессами при производстве пектина из растительного сырья является сушка и экстрагирование. Они должны проходить при оптимальных режимах, которые позволяют сохранить максимальное количество пектиновых веществ в материале. Полученный в результате предыдущей стадии пектиносодержащий экстракт может использоваться как готовый продукт в жидком виде, в виде сгущенного сиропа и в виде порошка. Очищенный пектин можно получить двумя способами: либо материал подвергается концентрированию, осаждению спиртом, центрифугированию; либо осаждению хлоридом металла и прессованию. На выходе получается пектин-сырец, который подвергается промывке спиртом, забуфериванию спиртовой щелочью, сушке и измельчению [5].

Производство пектина является актуальной темой для дальнейшего исследования, так как он широко используется в пищевой, фармацевтической, косметической и других отраслях промышленности.

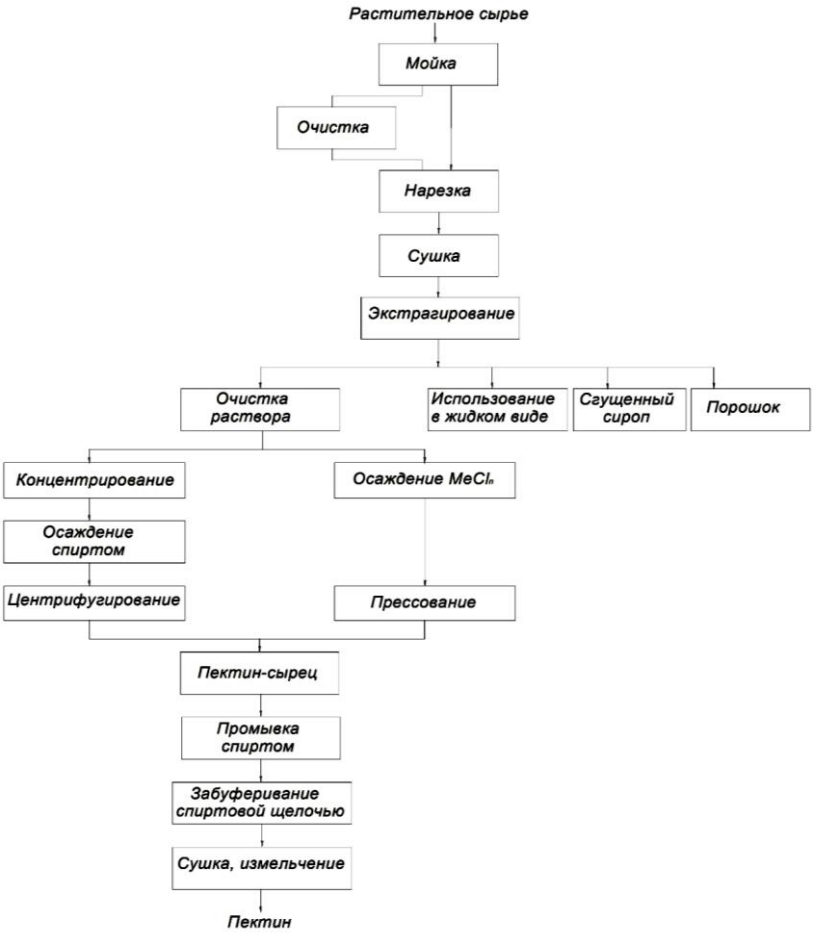


Рис. 1. Схема технологии получения пектина из растительного сырья

К тому же, стоит отметить, что пектин способствует нормальному функционированию систем организма человека.

Список использованных источников

1. Соболь, И. В. Изучение возможности получения пектиновых экстрактов высокой чистоты / И. В. Соболь, Л. Я. Родионова, И. Н. Барышева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского Государственного Аграрного Университета. – Кубань :

Изд-во: Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина. – № 123. – 2016. – С. 79 – 89.

2. Синха, Н. К. Настольная книга производителя и переработчика плодоовощной продукции / Н. К. Синха, И.Г. Хью ; пер. с англ. – СПб. : Профессия, 2014. – 912 с.

3. Иванова, Е. П. Производство функциональных продуктов питания на основе тыквы / Е. П. Иванова, Ю. Г. Скрипников, Ю. В. Родионов // Инновационные технологии в производстве функциональных продуктов питания : материалы Всерос. науч.-практ. конф., 16 – 18 декабря 2014 г. – Мичуринск, 2014. – С. 70.

4. Инновационные технологии сушки растительного сырья / Ю. В Родионов и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2012. – № 3(41). – С. 371 – 376.

5. Михеева, Л. А. Выделение пектина из растительного сырья и изучение его некоторых химических свойств / Л. А. Михеева, А. В. Тры // Вестник Воронежского государственного университета. – № 2. – 2013. – С. 53 – 56.

References

1. Sobol’, I. V. Izuchenie vozmozhnosti polucheniya pektinovyh ekstraktov vysokoj chistoty / I. V. Sobol', L. Ya. Rodionova, I. N. Barysheva // Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta. – Izd-vo : Kubanskij Gosudarstvennyj Agrarnyj Universitet imeni I. T. Trubilina, № 123. – 2016. – S. 79-89.

2. Sinha, N. K. Nastol’naya kniga proizvoditelya i pererabotchika plodoovoshchnoj produkcii / N. K. Sinha, I. G. H'yu. – Per. s angl. – SPb. : Professiya, 2014. – 912 s.

3. Ivanova, E. P. Proizvodstvo funkcional'nyh produktov pitaniya na osnove tykvy / E. P. Ivanova, Yu. G. Skripnikov, Yu. V. Rodionov // Innovacionnye tekhnologii v proizvodstve funkcional’nyh produktov pitaniya : materialy Vseros. nauch.-prakt. konf., 16 – 18 dekabrya 2014 g. – Michurinsk, 2014. – S. 70.

4. Rodionov, Yu. V. Innovacionnye tekhnologii sushki rastitel'nogo syr'ya / Yu. V Rodionov [i dr.] // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – Tambov : Izd-vo Tamb. gos. tekhn. un-ta, – 2012. – № 3(41). – S. 371–376.

5. Miheeva, L. A. Vydelenie pektina iz rastitel’nogo syr’ya i izuchenie ego nekotoryh himicheskih svojstv / L. A. Miheeva, A. V. Try // Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. – № 2. – 2013. – S. 53 – 56.

УДК 66.087.2

Н. Н. Игнатов, Х. В. Иниеста
(Университет Аликанте, кафедра физической химии научного факультета, г. Сан-Висенте-дель-Распеч, Испания,
e-mail: radiofax@yandex.ru, jesus.iniesta@ua.es)

УДАЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ И ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ

Аннотация. В данной работе электрохимические технологии, предназначенные для удаления или восстановления ионов тяжелых металлов, присутствующих в воде и промышленных сточных водах, будут описаны как экономически эффективные альтернативы тем, которые хорошо известны на рынке.
Ключевые слова: ионы, очистка, мембрана, сточные воды.

N. N. Ignatov, H. V. Iniesta
(University of Alicante, Department of Physical Chemistry, Faculty of Science, San Vicente del Raspeig, Spain)

REMOVAL AND REDUCTION OF HEAVY METAL IONS IN WATER AND INDUSTRIAL WASTEWATER USING ELECTROCHEMICAL STRATEGIES

Abstract. In this paper, electrochemical technologies designed to remove or recover heavy metal ions present in water and industrial wastewater will be described as cost-effective alternatives to those that are well known in the market.
Keywords: ions, purification, membrane, waste water.

Проблемы загрязнения воды усугубляются во всем мире по мере роста городов, а также возрастания промышленности развивающихся стран. Прогнозируется, что к 2025 г. более половины населения мира будет испытывать острую нехватку воды [1]. Удаление или восстановление ионов тяжелых металлов, присутствующих в воде и промышленных сточных водах, необходимы перед утилизацией из-за все более строгих требований природоохранного законодательства

В работах, посвященных проблемам загрязнения окружающей среды и экологического мониторинга, рассматриваются более 40 химических элементов периодической системы Д. И. Менделеева [2]. Основная опасность тяжелых металлов – их высокая токсичность. В настоящее время на первый план выходят физико-химические методы обработки сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов и различные органические примеси [3].

Рассмотрим наиболее эффективные электрохимические технологии, предназначенные для удаления или восстановления ионов тяжелых металлов.

Одной из самых перспективных технологий является электродиализ. По принципу работы это процесс переноса ионов через мембрану под действием электрического поля [4]. Для концентрирования сточных вод, содержащих ценные компоненты, и для упрощения их утилизации, также можно применять этот способ.

Ионообменная обработка промышленных сточных вод является важным способом и основана на явлении избирательного обратимого обмена ионами между двумя фазами – электролитом и фазой ионита [5].

Кроме вышеупомянутых процессов, существуют также процессы электрохимической обработки, разработанные непосредственно для очистки промышленных стоков от токсичных неорганических примесей, а также для удаления трудноокисляющихся органических соединений. Процесс электрохимического окисления и восстановления включает в себя широкий круг процессов – от осаждения металлов до сложных превращений.

Промышленные сточные воды в своем составе содержат вещества различной природы и различной степени дисперсности. Если систему заставить агрегатировать дисперсные частицы в результате их взаимодействия с применением электрического поля, то получим популярный в современной химии процесс – электрокоагуляцию [5].

Являясь разновидностью электрохимических способов очистки сточных вод, метод гальванокоагуляции выгодно отличается невысокой чувствительностью к изменениям состава обрабатываемых сточных вод, а также простотой аппаратурного оформления [5]. Различие вышеупомянутых методов заключается в способе растворения железа (электрохимическое и гальванохимическое растворение соответственно).

Перспективным видом химической обработки является химическая дезинфекция. В качестве средства для дезинфекции воды наибольшее распространение и популярность получили хлор и его кислородные соединения [6].

В данной работе были проанализированы электрохимические технологии, применяемые в современной промышленности непосредственно для удаления или восстановления ионов тяжелых металлов, присутствующих в промышленных сточных водах. Показано интегрирование физико-химических процессов в современные технологии очистки сточных вод.

Список использованных источников

1. A novel layer-by-layer heterogeneous cation exchange membrane for heavy metal ions removal from water/ S. M. Hosseinia, H. Alibakhshia, E. Jashnia, F. Parviziana, J. N. Shenb, M. Taheric, M. Ebrahimia, N. Rafieia // Journal of Hazardous Materials – 2020. – V. 381 – P. 97 – 107.

2. Агроводком [Электронный ресурс]. – URL : http://www.agro vodcom.ru/ (дата обращения: 3.06.20).

3. Исхакова, И. О. Инновационные методы очистки сточных вод современного гальванического производства / И. О. Исхакова, В. Э. Ткачева // Вестник технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 10. – С. 143 – 146.

4. Ильина, С. И. Электромембранные процессы : учеб. пособие / С. И. Ильина. – М. : РХТУ им. Менделеева, 2013. – 57 с.

5. Жилинский, В. В. Электрохимическая очистка сточных вод и водоподготовка : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1- 48 01 04 «Технология электрохимических производств» / В. В. Жилинский, О. А. Слесаренко. – Минск : БГТУ, 2014. – 85 с.

6. Хохрякова, Е. А. Современные методы обеззараживания воды / Е. А. Хохрякова / Е. А. Хохрякова. – М. : Издательский Центр «Аква-Терм», 2014. – 110 с.

References

1. A novel layer-by-layer heterogeneous cation exchange membrane for heavy metal ions removal from water / S. M. Hosseinia, H. Alibakhshia, E. Jashnia, F. Parviziana, J. N. Shenb, M. Taheric, M. Ebrahimia, N. Rafieia // Journal of Hazardous Materials – 2020. – V. 381. – P. 97 – 107.

2. Agrovodkom [Electronic resource]. – URL : http://www.agrovo dcom.ru/ (date of access: 3.06.20).

3. Iskhakova, I. O. Innovative methods of purification of waste water of modern galvanic production / I. O. Iskhakova, V. E. Tkacheva // Bulletin of the Technological University. – 2016. – T. 19, No. 10. – S. 143 – 146.

4. Ilyina, S. I. Electromembrane processes: a tutorial / S. I. Ilyin – M. : RKhTU them. Mendeleev, 2013. – 57 s.

5. Zhilinsky, V. V. Electrochemical wastewater treatment and water treatment: study guide. manual for students of specialty 1- 48 01 04 “Technology of electrochemical production” / V. V. Zhilinsky, O. A. Slesarenko. – Minsk : BSTU, 2014. – 85 p.

6. Khokhryakova, E. A. Modern methods of water disinfection / E. A. Khokhryakova // Publishing Center “Aqua-Term”, 2014. – 110 p.

УДК 636.087

В. П. Капустин, Ю. В. Родионов,
А. И. Скоморохова, Д. С. Алексенцев
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: vp.kapustin@mail.ru)

ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Abstract. The article discusses the impact of the life of human society on the environment and the problems caused by their interaction. Wastes of production, as well as heavy waste and wastewater, which, on average, are 0.8 kg and 9 liters per inhabitant on average, have a particularly detrimental effect. The practical application of the law of conservation of substances in nature is shown by the example of the introduction of organic fertilizers in the form of composted manure.

Keywords: organic fertilizers, environment, industrial waste, ecological system, manure composting.

V. P. Kapustin, Yu. V. Rodionov,
A. I. Skomorokhova, D. S. Aleksentsev
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

ORGANIC FERTILIZERS AND ENVIRONMENTAL ASPECTS

Аннотация. Рассматривается влияние жизнедеятельности человеческого общества на окружающую природу и проблемы, вызванные их взаимодействием. Особенно пагубное влияние оказывают отходы производства, а также тяжелые отходы и сточные воды, которые, в среднем, на одного городского жителя составляют 0,8 кг и 9 л соответственно. Показано практическое применение закона сохранения веществ в природе на примере внесения органических удобрений в виде компостированного навоза.

Ключевые слова: органические удобрения, окружающая среда, отходы производства, экологическая система, компостирование навоза.

Введение. Научно-технический прогресс за последнюю четверть века обострил экологические проблемы. Растущие нагрузки на экологическую среду превосходят во многих случаях возможность естественного самоочищения почвы, воды, воздуха.

Излишество расхода природных ресурсов приводит к ухудшению здоровья населения, загрязнению воды, потере природных ландшафтов, ценных для отдыха людей, к утрате экологических и культурных ценностей. За последние 350 – 450 лет исчезли из биосреды около 130 видов млекопитающих и птиц, около 500 занесены в Красную книгу.

Цель статьи заключается в описании проблемы отрицательного влияния человеческого фактора на природу в процессе их взаимодействия.

Методика и методы. Трудовая деятельность человека является процессом регулирования и контролирования обмена веществ между ним и природой. Для своего существования человеческое общество производит нужные ему предметы, но это возможно лишь при «содействии» природы, так как для осуществления любого труда необходимы природные ресурсы. При этом на саму природу оказывается колоссальное влияние, что отмечено в литературе [1, 2, 3].

Многие из процессов и предметов, обязанных своим появлением человеческой деятельности, не могут сами противостоять стихии природы и существовать без человека, без процесса общественного труда. Без него заржавеют машины, зарастут каналы, одичают и вымрут культурные растения и домашние животные.

Таким образом, развитие природы нашей планеты после появления человека органически неотделимо от истории человеческой производственной жизнедеятельности, как и последняя – от истории природы.

Грандиозными и ощутимыми стали не благоприятные для жизни человечества и функционирования биосферы изменения в состоянии окружающей среды, произошедшие под влиянием антропогенных факторов. Выражаются они, прежде всего, в глобальных масштабах загрязнения окружающей среды, особенно атмосферы и природных вод отходами производства.

Результаты и обсуждения. Источниками пылегазовых и жидких загрязнителей являются предприятия, производящие щелочи и кислоты, заводы по переработке нефти, газовые и коксохимические заводы и т.д.

Неправильное возведение плотин каналов и водохранилищ приводит к заболачиванию и засолению почвы, что порождает сдвиги в биоценозах.

Твердые отходы и сточные воды также являются серьезной проблемой для экологии. По статистике, в сутки на одного городского жителя приходится примерно 0,8 кг отходов в виде стекла, пластмассы, бумаги, а также металлов и около 9 л сточной воды [1].

Важно отметить, что не все отходы несут пагубное влияние на окружающую природу. Так, отходы сельскохозяйственной деятельности могут служить органическими удобрениями, насыщающими почву веществами, которые выносятся из почвы урожаем. При этом будет сохраняться закон сохранения веществ в природе, и возделываемая почва не потеряет своего плодородия. Необходимость применения такого вида удобрений показана в литературе [4, 5, 6].

По определению, экосистема – это безразмерные устойчивые системы живых и неживых компонентов, в которых совершается внешний и внутренний круговорот веществ и энергии [7]. Все элементы экосистемы взаимодействуют между собой и составляют замкнутую систему (рис. 1) [8].

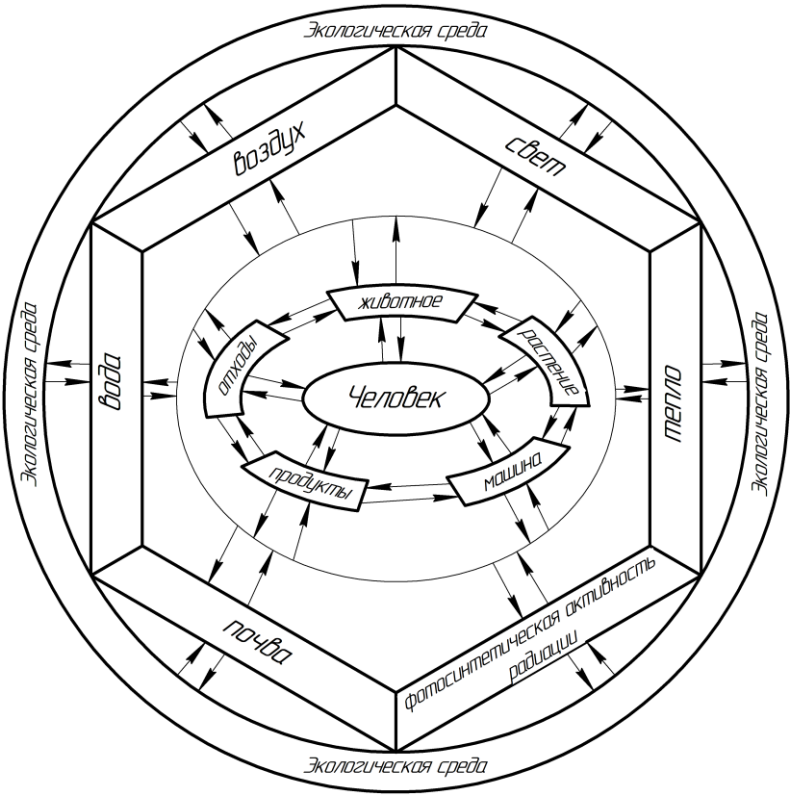


Рис. 1. Модель схемы взаимодействия системы: человек–машина–растение–животное–продукт–среда

Нарушение работы любого элемента представленной системы повлечет за собой непредсказуемые последствия, поэтому важно предупреждать эти последствия в процессе осуществления любого рода деятельности и предпринимать меры для сохранения баланса взаимодействия.

Например, полученный в результате жизнедеятельности сельскохозяйственных животных и птиц навоз и помет следует применять в

качестве удобрений для почвы. Если тратить навоз на изготовление дрожжей, получение биогаза, жидкого топлива и другого, то возможен риск потерять пригодную для возделывания почву и остаться без урожая сельскохозяйственных культур.

Использование переработанного компостированием навоза как органического удобрения повышает содержание гумуса в почве, что напрямую влияет на ее плодородие, а также повышает запас питательных веществ и облегчает процесс обработки [8].

В настоящее время разработаны технология и средства компостирования навоза в течение 7 – 14 суток. При этом происходит биотермическое обеззараживание возбудителей инфекционных и инвазионных болезней и уничтожение семян сорной растительности. Технология и средства прошли производственную проверку и рекомендованы к использованию [9].

Выводы. Рассмотрены факторы, отрицательно влияющие на экосистему. Смоделировано взаимодействие отдельных компонентов этой системы, таких как: человек, машина, растение, животное, продукт и среда между собой. Обосновано применение компостированного навоза в качестве органического удобрения в целях сохранения важных для выращивания сельскохозяйственных культур элементов, которые выносятся из почвы урожаем.

Список использованных источников

1. Гмошинский, В. Г. Инженерная экология / В. Г. Гмошинский – Москва: Знание, 1977. – 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Техника». № 7).

2. Гарковенко, Р. В. Общество и природа / Р. В. Гарковенко, И. Б. Новик, А.Т. Шаталов. – М. : Знание. 1974. – 64 с.

3. Новик, И. Б. Человек, природа, технический прогресс: (Техн.-методологич. аспекты проблемы) / И. Б. Новик. – Москва : Знание, 1977. – 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Техника». № 2).

4. Капустин, В. П. Повышение эффективности технологических процессов уборки, транспортирования и переработки бесподстилочного навоза : автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.20.01 / Тамбовский техн. ун-т. – Саратов, 1997. – 40 с.

5. Завражнов, А. И. Ресурсосберегающая экологически безопасная технология переработки отходов животноводства в органическое удобрение / А. И. Завражнов, В. В. Миронов, В. Д. Хмыров // Научные труды ГНУ ВНИИ МЖ «Россельхозакадемии», 2005. – Т. 15, № 3. – С. 197 – 205.

6. Завражнов, А. И. Техническая система органического земледелия / А. И. Завражнов, В. Ю. Ланцев // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства, 2013. – № 5. – С. 15 – 25.

7. Вальков, В. Ф. Почвенная экология сельскохозяйственных растений / В. Ф. Вальков. – М. : Агропромиздат, 1986. – с. 206.

8. Капустин, В. П. Обоснование способов и средств переработки бесподстилочного навоза / В. П. Капустин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. – 80 с.

9. Завражнов, А. И. Математическое моделирование биотехнологической системы производства органических удобрений / А. И. Завражнов, В. В. Миронов. – Мичуринск : Изд-во МичГАУ, 2012. – 150 с.

References

1. Gmoshinskij, V. G. Inzhenernaya ekologiya / V. G. Gmoshinskij – Moskva : Znanie, 1977. – 64 s. (Novoe v zhizni, nauke, tekhnike. Seriya "Tekhnika". № 7).

2. Garkovenko, R. V. Obshchestvo i priroda / R. V. Garkovenko, I. B. Novik, A.T. SHatalov. – M. : Znanie. 1974. – 64 s.

3. Novik, I. B. CHelovek, priroda, tekhnicheskij progress: (Tekhn.-metodol. aspekty problemy) / I. B. Novik – Moskva : Znanie, 1977. – 64 s. – (Novoe v zhizni, nauke, tekhnike. Seriya “Tekhnika”. № 2).

4. Kapustin, V. P. Povyshenie effektivnosti tekhnologicheskih processov uborki, transportirovaniya i pererabotki bespodstilochnogo navoza:avtoreferat dis. ... doktora tekhnicheskih nauk: 05.20.01 / Tambovskij tekhn. un-t. – Saratov, 1997. – 40 s.

5. Zavrazhnov, A. I. Resursosberegayushchaya ekologicheski bezopasnaya tekhnologiya pererabotki othodov zhivotnovodstva v organicheskoe udobrenie / A. I. Zavrazhnov, V. V. Mironov, V. D. Hmyrov // Nauchnye trudy GNU VNIIMZH Rossel’hozakademii, 2005. – T. 15, № 3. – S. 197 – 205.

6. Zavrazhnov, A. I. Tekhnicheskaya sistema organicheskogo zemledeliya / A. I. Zavrazhnov, V. Yu. Lancev // Problemy mekhanizacii agrohimicheskogo obsluzhivaniya sel’skogo hozyajstva, 2013. – № 5. – S. 15 – 25.

7. Val’kov, V. F. Pochvennaya ekologiya sel’skohozyajstvennyh rastenij / V.F. Val’kov. – M. : Agropromizdat, 1986. – s. 206.

8. Kapustin, V. P. Obosnovanie sposobov i sredstv pererabotki bespodstilochnogo navoza / V. P. Kapustin. – Tambov : Izd-vo Tamb. gos. tekhn. un-ta, 2002. – 80 s.

9. Zavrazhnov, A. I. Matematicheskoe modelirovanie biotekhnologicheskoj sistemy proizvodstva organicheskih udobrenij / A. I. Zavrazhnov, V. V. Mironov. – Michurinsk : Izd-vo MichGAU, 2012. – 150 s.

УДК 004

С. А. Кокорев
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», Тамбов, Россия, kafedra@mail.gaps.tstu.ru

ВЫБОР РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ ПЕРЕД ПРОЦЕССОМ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ САХАРА

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы обеспечения рационального использования земли в масштабе крестьянско-фермерского хозяйства. Решение этой задачи зависит от принятой структуры посевных площадей. Под оптимальной структурой посевных площадей сельскохозяйственной организации следует понимать состав и размер посевных площадей товарных и кормовых культур, обеспечивающих выполнение объема поставок продукции по договорам и объема внутрихозяйственного потребления, а также создания прочной кормовой базы для животноводства. Осуществлена постановка задачи и разработано программное обеспечение для ее решения.

Ключевые слова: рациональное использование земли, крестьянско-фермерское хозяйство.

S. A. Kokorev
(Tambov State Technical University, Department of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering, Tambov, Russia)

SELECTION OF REAGENTS FOR PROCESSING BEET CHIPS BEFORE THE EXTRACTION PROCESS IN SUGAR PRODUCTION

Abstract. The paper deals with the issues of ensuring the rational use of land on the scale of a peasant farm. The solution to this problem depends on the adopted structure of acreage. The optimal structure of acreage of an agricultural organization should be understood as the composition and size of acreage of commodity and forage crops that ensure the fulfillment of the volume of supplies of products under contracts and the volume of on-farm consumption, as well as the creation of a solid feed base for livestock. The problem was formulated and software was developed to solve it.

Keywords: rational use of land, peasant farming.

Сахарное производство относится к непрерывно-поточному механизированному производству с высоким уровнем автоматизации основных процессов [22]. На данный момент поиск новых технологических решений играет важную роль в области переработки сахарной свеклы. Это необходимо потому, что выход кристаллического сахара –

главный критерий для оценки экономической эффективности производства и на выход сахара можно влиять путем получения диффузионного и очищенного соков высокой чистоты.

Для обработки стружки перед процессом диффузии в качестве реагентов были выбраны водные растворы дигидрофосфата натрия (NaH_2PO_4) и гидрофосфата натрия (Na_2HPO_4), а в качестве сравнения использовали классический способ проведения диффузионного процесса, которые не включает в себя предварительную обработку стружки. Данное исследование проведено в целях выявления оптимального реагента для подготовки стружки перед экстрагированием.

Методика определения: корнеплоды свеклы отмывали, измельчали в стружку на специальной терке и полученную стружку делили на порции по 250 г. Каждую порцию помещали в термоустойчивую колбу, куда приливали водный раствор реагентов с определенной концентрацией (0,05%) при температуре 70 °С в количестве 10% к массе стружки при интенсивном перемешивании в течение 30 с. Далее в каждую колбу добавляли экстрагент (дистиллированная вода), нагретый до температуры 72 °С в количестве 90% к массе стружки. Затем каждую колбу помещали на водяную баню и проводили диффузию при температуре от 70 до 72 °С в течение 60 мин при перемешивании содержимого колб.

Далее после завершения процесса экстрагирования колбы с сокоструженой смесью охлаждали до температуры 20 °С. Охлажденную смесь помещали под пресс для отделения обессахаренной стружки и диффузионного сока. В полученном диффузионном соке определяли: чистоту, массовую долю белка.

После завершения анализа диффузионного сока проводили его известково-углекислотную отчистку, которая включает в себя прогрессивную предварительную дефекацию, основную дефекацию, I и II сатурации и фильтрование.

Преддефекацию проводили по методике: колбу с диффузионным соком помещали на баню, нагретую до температуры 60 °С. При температуре диффузионного сока от 55 до 60 °С аккуратно добавляли в него рассчитанное количество известкового молока, выдерживали в течение 15 мин.

Затем проводили горячую основную дефекацию при температуре 80 °С и продолжительности процесса от 7 до 8 мин, при перемешивании и добавляли сразу весь объем рассчитанного количества известкового молока.

Сок подогревали от 90 до 92 °С и осуществляли I сатурацию, обрабатывая дефекованный сок сатурационным газом pH от 10,8 до 11,4, далее фильтровали.

Фильтрат направляли на дефекацию перед II сатурацией. Колбу с соком прогревали до температуры от 95 до 97 °С и добавляли известковое молоко в том же количестве, что и на преддефекации. Смесь перемешивали и выдерживали от 3 до 5 мин.

После этого проводили II сатурацию до pH от 9,0 до 9,2. В фильтрованном соке II сатурации, охлажденном до 20 °С, определяли: чистоту, цветность, содержание редуцирующих веществ и солей кальция.

В ходе проведенных анализов видно, что каждый из приведенных реагентов, которым обрабатывали стружку, повышает качественные показатели диффузионного и очищенного соков.

Водный раствор NaH_2PO_4 повышает чистоту диффузионного сока на 2,3%; уменьшает переход белковых веществ в диффузионный сок на 12,5%; также повышает чистоту очищенного сока на 1,2%; уменьшает содержание редуцирующих веществ на 18,36%; содержание солей кальция на 30,76%, цветность очищенного сока уменьшается на 15,79%.

Водный раствор Na_2HPO_4 повышает чистоту диффузионного сока на 1,85%; уменьшает переход белковых веществ в диффузионный сок на 10%; также повышает чистоту очищенного сока на 0,5%; снижает содержание солей кальция на 19,2%, цветность очищенного сока снижается на 4,1%.

В итоге можно сделать вывод, что для обработки свекловичной стружки перед экстрагированием рациональным является использование раствора дигидрофосфата натрия (NaH_2PO_4).

Список использованных источников

1. Гладких, Б. А. Методы оптимизации и исследование операций для бакалавров информатики. Ч. 1. Введение в исследование операций. Линейное программирование : учебное пособие / Б. А. Гладких. – Томск : Изд-во НТЛ, 2009. – 200 с.

2. Горелик, В. А. Теория принятия решений: учебное пособие для магистрантов. – Электрон. текстовые данные / В. А. Горелик. – М. : Московский педагогический государственный университет, 2016. – 152 с. – URL : http://www.iprbookshop.ru/72518.html.

References

1. Gladkikh, B. A. optimization Methods and operations research for bachelors of computer science. Part 1. Introduction to operations research. Linear programming: Tutorial. – Tomsk : NTL Publishing house, 2009. – 200 p.

2. Gorelik, V. A. Theory of decision-making: a textbook for magistrants-Electron. text data. – Moscow : Moscow pedagogical state University, 2016. – 152 p. – access Mode : http://www.iprbookshop.ru/72518.html.

УДК 631.331.022

А. В. Кравцов
(ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», кафедра «Технология машиностроения», Пенза, Россия, e-mail: artem-kravtsov-penzgtu@yandex.ru)

РАССМОТРЕНИЕ МЕТОДОВ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ПНЕВМОСИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ

Аннотация. Рассмотрены методы экспресс-анализа пневмосистем сеялок. Проведен численный анализ типовой конструкции пневмосистемы. Методы анализа, основанные на оценке массового расхода материала и траекторий движений частиц, не позволяют определить влияние конструктивных элементов на показатели равномерности распределения высеваемого материала пневмосистемой, но позволяют корректно определить траекторию и скорость движения воздушных потоков.

Ключевые слова: пневматическая сеялка, пневмосистема, турбулизатор, высеваемый материал.

A. V. Kravtsov
(Penza State Technological University, Department of Mechanical Engineering, Penza, Russia)

INVESTIGATION OF THE PNEUMATIC SYSTEMS EXPRESS-ANALYSIS METHODS ON THE EXAMPLE OF AN AIR SEED DRILL

Abstract. The methods of express-analysis of pneumatic systems of seeders are considered. The analysis of a typical design of a pneumatic system is carried out. The methods of analysis based on estimation of mass consumption of material and trajectories of movement of particles do not allow to define influence of constructive elements on uniformity of sown material distribution by a pneumatic system, but allow to define correctly a trajectory and speed of air streams movement.

Keywords: air seed drill, pneumatic system, turbulizer, sowing material.

Обеспечение конкурентоспособности сельского хозяйства во многом зависит от совершенства применяемого посевного оборудования, что является комплексной задачей, требующей разработки конструктивных решений, нуждающихся в экспериментальной проверке. Среди посевного оборудования наиболее популярны пневматические

широкозахватные сеялки рядового посева, но они имеют достаточно высокий показатель неравномерности распределения посевного материала. В целях повышения равномерности распределения семян по рядкам, многие производители и разработчики вносят в состав конструкции пневмосистемы различные корректирующие элементы (отражатели, направители, турбулизаторы и др.), но при этом их эффект не всегда предсказуем [1].

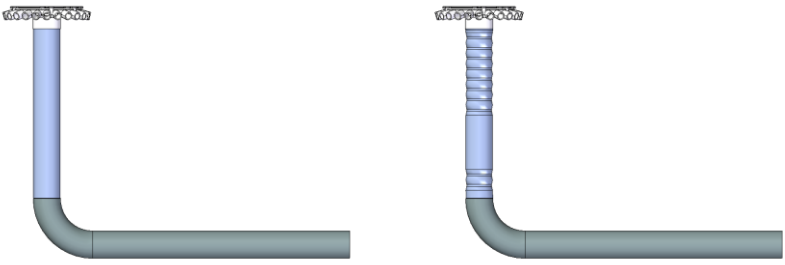
Целью исследований является изыскание по выявлению эффективного способа проведения экспресс-анализа влияния конструктивных изменений пневмосистемы на равномерность распределения высеваемого материала.

Для анализа целесообразно рассматривать не всю пневмосистему сеялки целиком, а лишь наиболее значимые ее элементы, а именно, участок, начинающийся горизонтальным участком пневмопровода и заканчивающийся отводящими патрубками распределителя (см. рис. 1).

Экспресс-анализ аэродинамики конструкции подразумевает под собой исследование внесенных изменений в конструкции без подготовки отдельных моделей для расчета, с определенными допущениями для максимального ускорения расчета.

Предполагается, что экспресс-анализ пневмосистемы сеялки можно осуществить тремя способами:

1) в качестве среды использовать воздух, полностью игнорируя влияние частиц высеваемого материала, неравномерность распределения оценивать по массовому расходу воздуха по отводящим патрубкам;



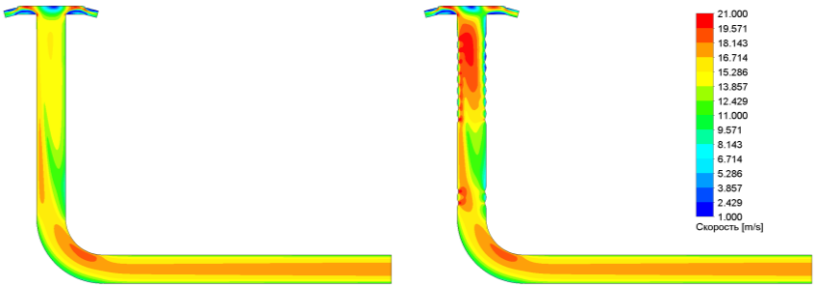
а) *б*)

Рис. 1. Фрагмент пневмосистемы без турбулизатора (*а*) и с турбулизатором (*б*)

2) в качестве среды использовать газ, отвечающий по свойствам параметрам смеси воздуха и частиц высеваемого материала, неравномерность распределения оценивать по массовому расходу газа по отводящим патрубкам;

3) определить траекторию движения частиц высеваемого материала из полученного ранее поля скоростей воздушного потока, с допущением, что при столкновении друг с другом, они не изменят траекторию полета, неравномерность распределения оценивать по их проходам по отдельным патрубкам. В качестве примера корректирующего элемента рассмотрим влияние турбулизатора (см. рис. 1) на равномерность распределения высеваемого материала. Данный элемент должен создавать завихрения воздушного потока в вертикальном участке пневмопровода, тем самым частично компенсируя смещение ядра воздушного потока, которое обусловлено наличием подводящего колена [2, 3].

В результате проведения расчетов было получено изображение полей скоростей воздушного потока, позволяющее оценить влияние турбулизатора (см рис. 2). Так, можно отметить появление турбулентных завихрений, которые позволят более равномерно распределить высеваемый материал в воздушном потоке.



а) *б*)

Рис. 2. Движение воздушного потока в пневмосистеме без турбулизатора (*а*) и с турбулизатором (*б*)

Так же в результате проведенных расчетов были получены результаты экспресс-анализов, представленные на рис. 3.

Из полученных результатов можно наблюдать, что отслеживание изменений массового расхода газа позволяет определить наличие турбулентных завихрений в распределителе, однако показатели напрямую не связаны с показателями равномерности распределения.

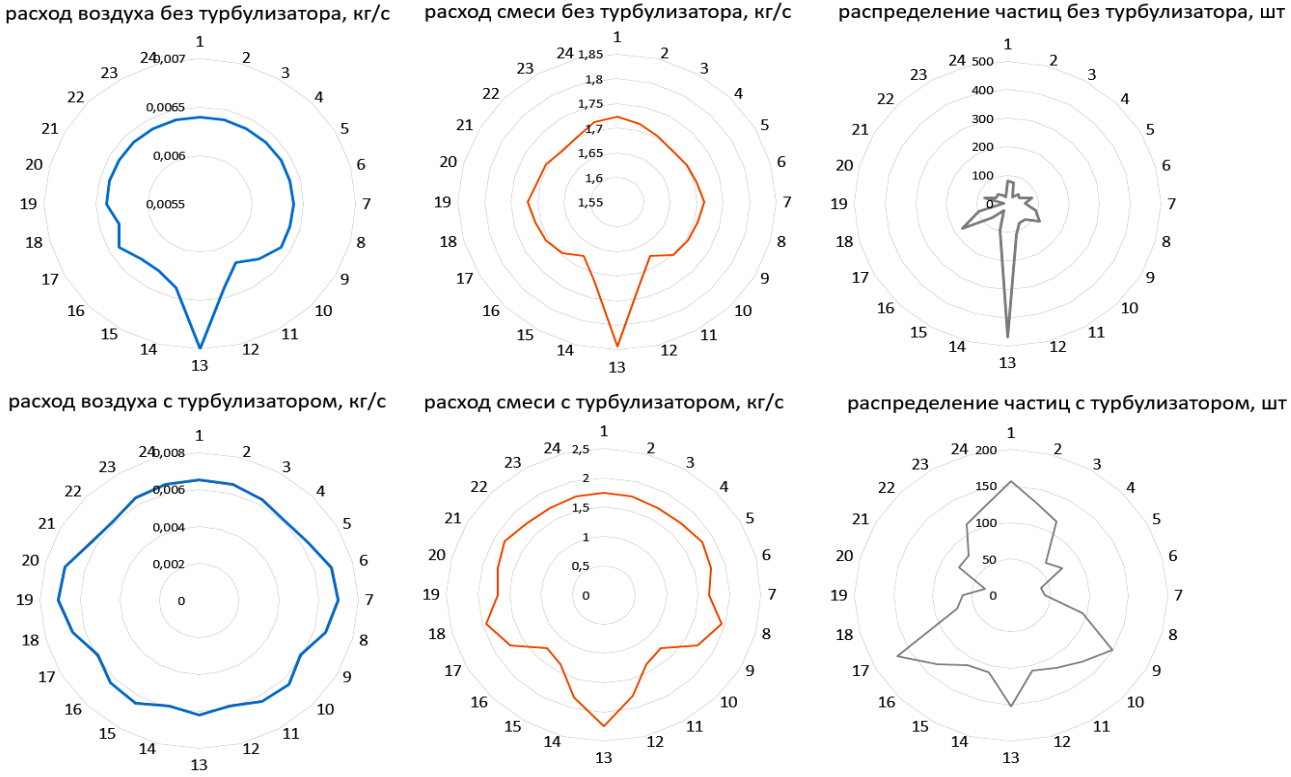


Рис. 3. Результаты расчетов

Упрощенная симуляция движения частиц также не позволяет оценить равномерность распределения, поскольку для этого требуется применение крайне мелкой расчетной сетки, что многократно увеличит сроки проведения подобного расчета.

Предполагаемые методы экспресс-анализа позволяют оценить движения воздушных потоков в различных конфигурациях пневмосистем, но они не приемлемы для оценки равномерности распределения.

Таким образом, можно прийти к выводу, что методы анализа, основанные на оценке массового расхода материала и траекторий движений частиц, не позволяют определить влияние конструктивных элементов на показатели равномерности распределения высеваемого материала пневмосистемой, но позволяют корректно определить траекторию и скорость движения воздушных потоков.

Список использованных источников

1. Influence of the divider head functioning conditions and geometry on the seed's distribution accuracy of the air-seeder / A. Yatskul, J. P. Lemiere, F. Cointault // Biosystems engineering. – 2017. – Т. 161. – С. 120 – 134.

2. Simulation and experiment of gas-solid flow in seed conveying tube for rapeseed and wheat / Lei X. и др. // Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. – 2017. – Т. 48, № 3, С. 57 – 68.

3. Simulation of the Pneumatic System of a Seed Drill with a Vertical Flow Direction / A. V. Kravtsov и др. // KnE Life Sciences. – 2020. – С. 239 – 244.

References

1. Yatskul, A. Influence of the divider head functioning conditions and geometry on the seed's distribution accuracy of the air-seeder / A. Yatskul, J. P. Lemiere, F. Cointault // Biosystems engineering. – 2017. – V. 161. – P. 120 – 134.

2. Simulation and experiment of gas-solid flow in seed conveying tube for rapeseed and wheat / Lei X. et al. // Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. – 2017. – V. 48. – No. 3. – P. 57 – 68.

3. Simulation of the Pneumatic System of a Seed Drill with a Vertical Flow Direction / A. V. Kravtsov et al. // KnE Life Sciences. – 2020. – P. 239 – 244.

УДК 631.3

А. Н. Куди, Н. А. Федосов, В. В. Сергеев
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», Тамбов, Россия, e-mail: andrey.kudi@bk.ru, nikf1int@yandex.ru, vovka_97@bk.ru)

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ И КАЛИБРОВКИ СЕМЯН СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Аннотация. Обсуждается технология двухпоточной сепарации с противотоком неоднородных частиц и ее аппаратурное оформление для организации процессов калибровки и классификации семян.

Ключевые слова: мелкосеменной материал, форма, сепарация, трудноотделимый, калибровка, гравитационный поток, сегрегация, миграция.

A. N. Kudi, N. A. Fedosov, V. V. Sergeev
(Tambov State Technical University, Department Technologies and Equipment of Food and Chemical Production, Tambov, Russia)

TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR CLEANING AND SIZING COMPLEX SHAPED SEEDS

Abstract. The article considers the technology of two-stream separation with a counterflow of inhomogeneous particles. The flow regime parameters for the organization of seed calibration and classification processes were determined.

Keywords: small-seeded material, shape, separation, non-separated, calibration, gravity flow, segregation, migration.

В сельскохозяйственном производстве особую проблему представляет подготовка семян мелкосеменных культур, имеющих сложную форму и высокую неоднородность фракционного состава по размеру и плотности.

При реализации традиционной технологии подготовки семян сложной формы требуется последовательное использование сит для калибровки по ширине, для калибровки по толщине и триера для калибровки по длине, что сопровождается потерей ценного семенного материала и травмируемостью семян. В настоящей работе осуществляется разработка технологической базы для подготовки семян мелкосеменных культур, позволяющая преодолеть названные недостатки.

Анализ фракционного состава исходного материала семян моркови свидетельствует о чрезвычайно сложном составе смеси, которая характеризуется широким диапазоном размеров семян моркови

(+0,5…2,5 мм), совпадающим с таковым для карантинного растения – смесь категории трудносепарируемых.

Предлагаемая технология предполагает предварительную калибровку семян одновременно по комплексу линейных размеров (длине, ширине, толщине), классификацию продуктов разделения по массе с последующей ситовой сепарацией по определяющему геометрическому размеру для отделения семян карантинного растения.

Для калибровки семян сложной формы предложена технология двухпоточной сепарации с противотоком неоднородных частиц на шероховатом наклонном скате [1]. На скате формируется сдвиговый поток, в котором под действием эффекта сегрегации крупные частицы перемещаются преимущественно над мелкими [2]. Вдоль кромки ссыпания ската формируется некоторое число ступеней сепарации, между которыми противоточно перемещаются продукты разделения. На каждой ступени предварительно сепарированная смесь подвергается повторной сепарации [3].

Установлено, что калибровка семян с использованием эффекта сегрегации происходит одновременно по длине, ширине и толщине зерна и установлена возможность организации процесса фракционирования семян по характерному размеру, определяемому как корень кубический из произведения указанных трех линейных размеров семян, на несколько фракций (рис. 1).

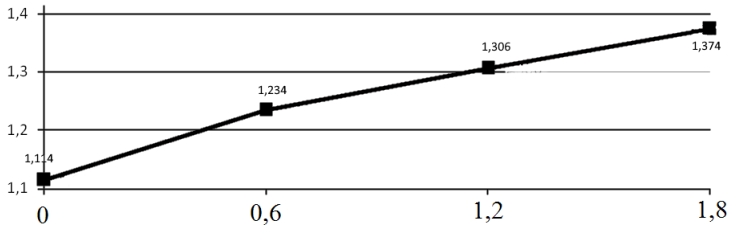


Рис. 1. Продольное распределение семян моркови в барабане по характерному размеру

Для классификации семян по массе предложено комплексное использование эффектов сегрегации и миграции в быстром сдвиговом гравитационном потоке на шероховатом вибрирующем скате [4]. В соответствии с этим эффектом разделение частиц происходит вследствие различных скоростей их хаотических квазидиффузионных перемещений. При взаимных столкновениях частиц наиболее высокую скорость квазидиффузионных перемещений приобретают мелкие и менее

плотные частицы – мигрируют к основанию и открытой поверхности слоя. Напротив, крупные и более плотные частицы характеризуются меньшими скоростями флуктуаций и мигрируют в центральную часть, имеющую наиболее высокую концентрацию твердой фазы [5, 6].

Разработана конструкция вибросепаратора для мелкозернистых материалов и изготовлен опытный образец промышленного аппарата, представленный на рис. 2.

Рис. 2. Опытный образец промышленного вибросепаратора семян

Установлено, что сепаратор обеспечивает возможность получения трех фракций семян (рис. 3) с существенным различием их по массе тысячи зерен (1,6; 0,9 и 0,7 г), где фракция с наименьшей массой зерен представляет собой нетоварную фракцию, так как содержит в своем составе более 20% обрушенных, колотых семян и имеет наибольшую концентрацию семян карантинного растения.

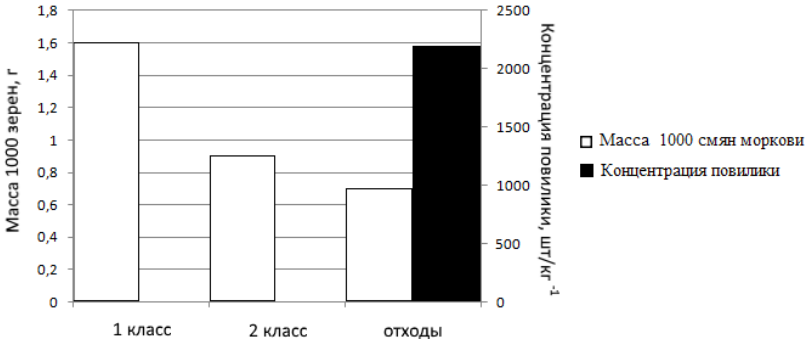


Рис. 3. Характеристика фракций семенного материала

Установлено, что в товарных фракциях, выровненных по массе семян, толщина семян моркови меньше толщины семян повилики, что позволяет отделить последние сходом с разделяющего сита. Использование в этом случае стандартного сита с щелевыми отверстиями позволило полностью отделить семена карантинного растения с выходом семян целевой культуры, достигающим 98%.

Результаты исследования в виде разработанной технологии двухпоточной сепарации с противотоком неоднородных частиц и ее аппаратурного оформления приняты к внедрению ООО «Агрофирма Аэлита».

Список использованных источников

1. Долгунин, В. Н. Обработка неоднородных зернистых материалов при управлении сегрегированными потоками / В. Н. Долгунин, О. О. Иванов, А. А. Уколов // Труды ТГТУ. – 2008. – Т. 14, № 2 – С. 321 – 327.

2. Уколов, А. А. Кинетика сегрегации частиц в быстрых гравитационных потоках / А. А. Уколов, В. Н. Долгунин, О. О. Иванов // Труды ТГТУ. – 2005. – Т. 11, № 2. – С. 404 – 422.

3. Долгунин, В. Н. Процессы переработки зернистых материалов в управляемых сегрегированных потоках / В. Н. Долгунин, О. О. Иванов, А. А. Уколов, А. Н. Куди // Теорет. основы хим. технологии. – 2014. – Т. 48, № 4. – С. 404 – 413.

4. Rapid granular flows on a vibrated rough chute: behavior patterns and interactions effects of particles / V. N. Dolgunin, A. N. Kudi, A. A. Ukolov, M. A. Tuev // Chemical engineering research and design. – 2017. – 122. – С. 22 – 32.

5. Долгунин, В. Н. Кинетика сегрегации частиц различной шероховатости и упругости при быстром гравитационном течении зернистой среды / В. Н. Долгунин, О. О. Иванов, А. А. Уколов // Теор. основы хим. технол. – 2009. – Т. 43, № 2. – С. 187 – 196.

6. Куди, А. Н. Обработка семян методами разделения и соединения / А. Н. Куди, В. Н. Долгунин, Е. А. Рябова // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – 6. – С. 21 – 27.

References

1. Dolgunin, V. N. The treatment of nonuniform granular materials by means of operating the segregated flows / V. N. Dolgunin, O. O. Ivanov, A. A. Ukolov // Transactions of TSTU. – 2008. – V. 14. No.2 – P. 321 – 327.

2. Ukolov, A. A. Segregation Kinetics of Particles Rapid Gravity Flow / A. A. Ukolov, V. N. Dolgunin, O. O. Ivanov // Transactions of TSTU. – 2005. – V. 11, No. 2. – P. 404 – 422.

3. Processing of granular materials in controlled segregated flows / V. N. Dolgunin, O. O. Ivanov, A. A. Ukolov, A. N. Kudi // Theoretical foundations of chemical engineering. – 2014. – V. 48, No. 4. – P. 404 – 413.

4. Rapid granular flows on a vibrated rough chute: behavior patterns and interaction effects of particles / V. N. Dolgunin, A. N. Kudi, A. A. Ukolov, M. A. Tuev // Chemical engineering research and design. – 2017. – 122. – P. 22 – 32.

5. Dolgunin, V. N. Segregation Kinetics of Particles with Different Roughness and Elasticity under a Rapid Gravity Flow of a Granular Medium / V. N. Dolgunin, O. O. Ivanov, A. A. Ukolov // Theoretical foundations of chemical engineering. – 2009. – V. 43, No. 2. – P. 187 – 196.

6. Kudi, A. N. Processing of seeds by separation and compound methods / A. N. Kudi, V. N. Dolgunin, E. A. Ryabova // Tractors and agricultural machinery. – 2016. – 6. – P. 21 – 27.

УДК 634.11:631.811.3

А. И. Кузин
(ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина»,
Лаборатория технологий точного садоводства, кафедра садоводства;
ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»,
e-mail: andrey.kuzin1967@yandex.ru)

УТОЧНЕНИЕ СРОКОВ И ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЕННО-ЛИСТОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ФЕРТИГАЦИИ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОГО КАЛИЙНОГО ПИТАНИЯ ЯБЛОНИ

Аннотация. Внесение точных норм калия может стимулировать существенное увеличение урожайности яблони при одновременном снижении затрат на удобрения и техногенной нагрузки на агроценоз сада. Определено оптимальное содержание калия в листьях и почве в начале вегетации (конец мая). Это позволит корректировать нормы внесения калийных удобрений при фертигации в течение вегетации.

Ключевые слова: яблоня, урожайность, содержания калия в листьях и в почве, фертигация.

A. I. Kuzin
(I. V. Michurin Scientific Centre, Laboratory for Precision Horticulture Technologies, Department of Horticulture;
Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia)

CORRECTION OF SOIL-LEAF DIAGNOSTIC TERMS AND PARAMETERS FOR PRECISION POTASH NUTRITION OF APPLE TREES DURING FERTIGATION

Abstract. Application of potassium precision rates can stimulate a significant increase of apple yield with simultaneous reduction of fertilizer cost and environmental pollution. We determined the potassium's optimum content in leaves and soil at the beginning of the growing season (end of May). It makes possible correction of potassium fertilizer application rate during the vegetation period.

Keywords: apple tree, yield, potassium content in leaves and soil, fertigation.

Калий оказывает большое влияние на процессы роста, развития и плодоношения яблони, но не входит в состав молекул органических веществ в растениях и практически не образует соединений с ковалентными связями в организме. В литературе имеются противоречивые сведения о нормах калийных удобрений и их влиянии на урожайность яблони [1]. Обеспеченность почвы калием оказывает большое влияние на урожайность и качество плодов [2]. Калий участвует практически во всех физиолого-биохимических процессах в растениях [3].

Основная потребность в поглощении калия начинается в процессе роста и развития плодов [4]. По нашим данным, в этот период снижается его содержание в листьях, и он транспортируется в плоды [5]. Целью нашей работы было уточнение уровня оптимального содержания калия в листьях и в почве для диагностики обеспеченности калием при фертигации.

Исследования были выполнены в 2016–17 гг. в экспериментальном саду ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина». В насаждениях сорта Жигулевского, 2007 г.п., схема 4,5×1 м.

Схема опыта: 1) Контроль $N_{20}P_{15}$; 2) $N_{20}P_{15}K_{25}$; 3) $N_{20}P_{15}K_{35}$; 4) $N_{20}P_{15}K_{45}$.

Пробы листьев и почвы отбирали ежемесячно, в это же время отбирали пробы почвы для определения содержания калия. Анализы проводили по общепринятым методикам. Статистическую обработку результатов осуществляли по методу изложенному Б. А. Доспеховым [6].

1. Урожайность яблони при внесении удобрений

	2016	2017
Контроль	26,3	36,3
$N_{20}P_{15}K_{25}$	28,1	38,1
$N_{20}P_{15}K_{35}$	27,0	41,9
$N_{20}P_{15}K_{45}$	29,1	48,4
$НСР_{05}$	2,2	3,0

В наших опытах урожайность растений яблони весьма значительно различалась по годам исследований (табл. 1). Эти колебания урожайности могут быть связаны с проблемами периодичности ябло-

ни, а также и с тем, что влияние удобрений в первый год проявилось не в полной мере. В 2016 году существенное влияние на увеличение урожайности сорта «Жигулевское» оказала только максимальная норма калия К45. В 2017 году в насаждениях сорта «Жигулевское» увеличение норм калия до 35 и 45 кг/га оказало существенное влияние на увеличение урожайности.

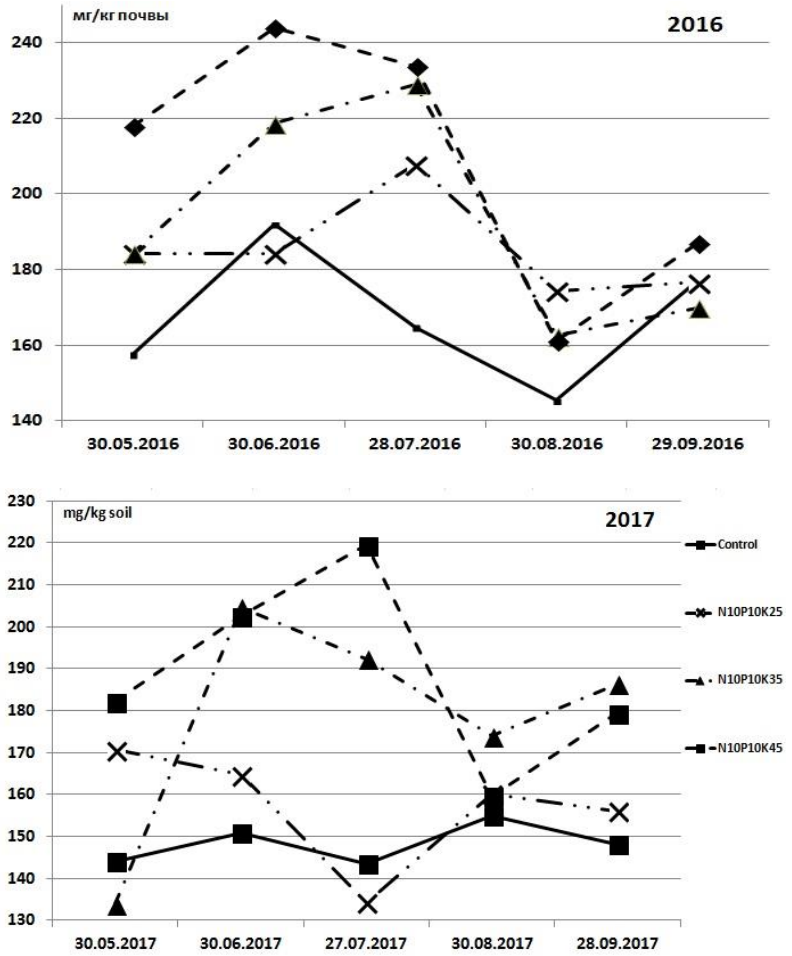


Рис. 1. Динамика содержания обменного калия в почве

В 2016 году содержание калия в почве увеличивалось в течение июня во всех вариантах опыта, включая контроль (рис. 1). Содержание обменного калия в почве опытных делянок в мае в варианте K_{45} было на уровне 200…250 мг/кг почвы, что, видимо, является необходимым для оптимизации состояния растений и получения высоких урожаев.

В 2017 году в вариантах с повышенными нормами внесения калия в почву его содержание изменялось примерно также, как и в 2016 г., а в варианте с минимальной нормой и в контроле без внесения калийных удобрений, содержание калия практически не увеличивалось в июне. В дальнейшем характер динамики почвенного калия был такой же, как и в 2016 г.

Динамика содержания калия в листьях яблони носила сходный характер во всех вариантах опыта (табл. 2). Содержание калия снижалось в течение всей вегетации, и после уборки плодов в сентябре несколько увеличивалось.

2. Сезонные изменения содержания калия в листьях

	Контроль $N_{20}P_{15}$	$N_{20}P_{15}K_{25}$	$N_{20}P_{15}K_{35}$	$N_{20}P_{15}K_{45}$	Контроль $N_{20}P_{15}$	$N_{20}P_{15}K_{25}$	$N_{20}P_{15}K_{35}$	$N_{20}P_{15}K_{45}$
			2016			2017		
30.05.	1,81	1,89	1,74	1,97	1,88	1,84	1,96	2,18
30.06.	1,61	1,21	1,29	1,56	1,52	1,2	1,23	1,30
28.07.	1,36	1,09	1,32	1,33	1,52	1,18	1,21	1,42
30.08.	1,22	1,05	1,00	0,98	0,86	0,90	0,88	0,79
29.09.	1,30	1,27	1,31	1,52	1,35	1,02	1,10	1,33

Тесную позитивную корреляцию между содержанием калия в листьях и урожайностью мы наблюдали только в конце мая (табл. 3). Следовательно, надо оценивать необходимость изменения программы фертигации с точки зрения увеличения или уменьшения нормы калийных удобрений. В условиях нашего эксперимента оптимальное содержания калия в листьях было в пределах 1,8 – 2,2% с.в. Программа фертигации должна соответствовать текущим потребностям. Значение оптимального содержания калия в листьях должно быть уточнено по

датам для срока отбора проб в соответствии с фенологическими фазами развития яблони.

3. Корреляция между содержанием калия в листьях и урожайностью

	2016	2017
30.05.	0,625	0,760
30.06.	–0,289	-0,118
27.07.	–0,277	0,162
30.08.	–0,750	-0,652
28.09.	0,493	0,327

Таким образом, оптимальным сроком почвенно-листовой диагностики калийного питания яблони является конец мая, содержание валового калия в листьях для сорта «Жигулевское 1,8…2,2% с.в., а оптимальная концентрация обменного калия в почве в ризосфере – 200…250 мг/кг почвы

Список использованных источников

1. Szewczuk, A. Effect of soil potassium levels and different potassium fertilizer forms on yield and storability of “Golden delicious” apples / A. Szewczuk, A. Komosa, A.; E. Gudarowska // Acta Scientiarum Pololonorum Hortorum Cultus. – 2008. – V. 7, No. 2. – P. 53 – 59.

2. Кузин, А. И. Оптимизация удобрения яблони в интенсивных садах ЦЧР : дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.08 ; защищена 25.12.2018 / А. И. Кузин. – Мичуринск, 2018. – 452 с.

3. Nieves-Cordones, M. Roles and Transport of Sodium and Potassium in Plants / M. Nieves-Cordones, Fr. Al Shiblawi, H. Sentenac // In: The Alkali Metal Ions: Their Role for Life : eds. A Sigel, H. Sigel, R.K.O. Sigel. Publisher: Springer International Publishing AG, 2016. – V. 16. – P. 291 – 324.

4. Cheng, L. Optimizing Nitrogen and Potassium Management to Foster Apple Tree Growth and Cropping Without Getting “Burned” / L. Cheng / New York Fruit Quarterly. – 2013. – V. 21, No. 1. – P. 21 – 24.

5. Кузин, А. И. Особенности почвенно-листовой диагностики калийного питания яблони / А. И. Кузин, Ю. В. Трунов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016 – № 1. – С. 16–17.

6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

References

1. Szewczuk, A. Effect of soil potassium levels and different potassium fertilizer forms on yield and storability of 'Golden delicious' apples / A. Szewczuk, A. Komosa, A.; E. Gudarowska // Acta Scientiarum Pololonorum Hortorum Cultus. – 2008. – V. 7, No. 2. – P. 53 – 59.

2. Kuzin, A. I. Optimization of apple fertilizing in intensive orchards of CChR : 06.01.08 ; defended 25.12.2018 / A. I. Kuzin. – Michurinsk, 2018. – 452 p.

3. Nieves-Cordones, M. Roles and Transport of Sodium and Potassium in Plants / M. Nieves-Cordones, Fr. Al Shiblawi, H. Sentenac // In: The Alkali Metal Ions: Their Role for Life : eds. A Sigel, H. Sigel, R.K.O. Sigel. Publisher: Springer International Publishing AG, 2016. – V. 16. – P. 291 – 324.

4. Cheng, L. Optimizing Nitrogen and Potassium Management to Foster Apple Tree Growth and Cropping Without Getting “Burned” / L. Cheng / New York Fruit Quarterly. – 2013. – V. 21, No. 1. – P. 21 – 24.

5. Kuzin, A. I. Specific features of soil-leafy diagnostics for potassium nutrition of apple trees / A. I. Kuzin, Yu. V. Trunov // Vestnik of the Russian agricultural science. – 2016. – No. 1, P. 16–17.

6. Dospekhov, B. A. Methods of field experiment (with the basics of research data statistical processing) / B. A. Dospekhov. – 5th ed., updated and revised. – M. : Agropromizdat, 1985. – 351 p.

УДК 536.2.083

М. А. Кузнецов, П. А. Нестеров, П. О. Овсянников
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: kuznectam@mail.ru);
(ПАО Тамбовский завод «Электроприбор», Тамбов, Россия);
(ФГУП «Научно-исследовательский институт Научно-производственное объединение «Луч», Подольск, Россия)

МЕТОД И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЦЕНКИ АНИЗОТРОПИИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОРИСТЫХ И СЫПУЧИХ СРЕД

Аннотация. Описан оригинальный подход к количественному определению коэффициента анизотропии теплопроводности пористых и сыпучих (консолидированных) сред, в которых возможно напластование под воздействием одностороннего внешнего давления.

Ключевые слова: теплопроводность, анизотропия, относительный стационарный метод плоского слоя.

M. A. Kuznetsov, P. A. Nesterov, P. O. Ovsyannikov
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia);
(Tambov Plant "Electropribor", Tambov, Russia);
(Research Institute Scientific and production Association "Luch", Podolsk, Russia)

METHOD AND DEVICE FOR ASSESSING THE ANISOTROPY OF THERMAL CONDUCTIVITY OF POROUS AND GRANULAR MEDIA

Abstract. An original approach to the quantitative determination of the coefficient of anisotropy of thermal conductivity of porous and granular (consolidated) media, in which stratification is possible under the influence of one-sided external pressure, is described.

Keywords: thermal conductivity, anisotropy, relative stationary method of a flat layer.

Анизотропия теплопроводности наблюдается и оказывает существенное влияние на характеристики процессов (сушки и тепловой обработки) в пористых и сыпучих средах, испытывающих значительное воздействие одностороннего давления. Так же ее следует учитывать при анализе тепловых полей в напластованных почвах, грунтах и горных породах. Коэффициент анизотропии теплопроводности K_a может достигать 1,35. В основу его количественного определения положено устройство [1], представленное на рис. 1.

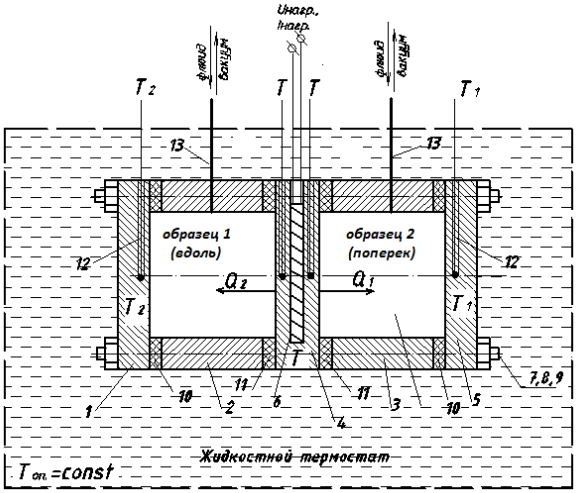


Рис. 1. Измерение анизотропии теплопроводности:
1, 5 – холодильники; *2, 3* – обечайки; *4* – промежуточное днище (нагреватель); 6 – канал для электронагревателя; *7, 8, 9* – стяжная шпилька с гайкой и шайбой; *10* – малая прокладка; *11* – большая прокладка; *12* – каналы для термопар; *13* – канал для подачи давления (вакуума)

Образцы 1, 2 исследуемой среды представляют собой цилиндры ∅30 мм и длиной 16 мм, изготовленные вдоль и поперек действующего одностороннего давления.

Измерительная ячейка состоит из двух одинаковых цилиндрических обечаек *2* и *3*, изготовленных из нержавеющей стали 12Х18Н10Т с низкой теплопроводностью (λ = 15 Вт/(м·К)), двух днищ-холодильников *1* и *5* и промежуточного днища-нагревателя *4*, изготовленных из деформированной неотожженной меди М3 с высокой теплопроводностью (λ = 390 Вт/(м·К)).

Образцы помещаются в измерительную ячейку, которая стягивается шпильками *7* через эластичные прокладки *10*, *11* из фторопласта для создания надежного теплового контакта между их торцевыми поверхностями и теплосъемными поверхностями днищ *1*, *4*, *5*, а также герметизации измерительной ячейки.

Собранная измерительная ячейка помещается в термостат. Образцы перед опытом могут как высушиваться путем нагрева в термостате и вакуумирования, так и насыщаться флюидом через патрубок «флюид–вакуум». После стабилизации $T_{оп}$ в термостате включается градиентный нагреватель *6*, который создает тепловые потоки Q_1 и Q_2 через продольный и поперечный образцы. Тогда, согласно закону Фурье, коэффициент анизотропии теплопроводности будет равен

$$K_a = \frac{T - T_1}{T - T_2}.$$

Если вместо одного из образцов использовать эталонный материал (например, оптическое стекло марки КВ с теплопроводностью 0,651...1,663 Вт/м·К в интервале температур 90...500 К), то можно определить абсолютную теплопроводность второго образца. Здесь важно обеспечить равенство их геометрических размеров.

При финансовой поддержке РФФИ (Грант 20-08-00066а).

Список использованных источников

1. Патент РФ № 2575473. Способ измерения влияния давления до 100 МПа на теплопроводность флюидонасыщенных пористых тел / Кузнецов М. А., Григорьев Е. Б. – 22.01.2016 г.

References

1. RF Patent No. 2575473. Method for measuring the influence of pressure up to 100 MPa on the thermal conductivity of fluid-saturated porous bodies / Kuznetsov M. A., Grigoriev E. B. – 22.01.2016.

УДК 664.769

А. А. Курочкин, М. А. Потапов
(ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза, Россия,
e-mail: anatolii_kuro@mail.ru, makcpotapov@mail.ru)

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА

Аннотация. Отходы птицеводства, так же как и отходы животноводства в целом, в силу своего значительного ресурсного потенциала и возможного вредного воздействия на окружающую среду, вызывают особый интерес в части высокоэффективной переработки в полезный продукт или утилизации. Основным фактором, сдерживающим широкое применение экструзии при переработке отходов животноводства, является недостаточно высокая энергоэффективность данной технологии. В работе приводится обоснование энергосберегающей технологии переработки отходов птицеводства за счет применения модернизированного экструдера, принцип работы которого основан на термовакуумном воздействии на выходящий из фильеры машины продукт.

Ключевые слова: отходы, экструдер, термовакуумный эффект, энергоэффективность, вакуумная камера.

A. A. Kurochkin, M. A. Potapov
(Penza State Technological University, Penza, Russia)

ENERGY-SAVING RECYCLING TECHNOLOGY POULTRY WASTE

Abstract. Poultry Waste, as well as animal husbandry waste in General, due to its significant resource potential and possible harmful effects on the environment, are of particular interest in terms of highly efficient processing into a useful product or disposal. The main factor that hinders the widespread use of extrusion in the processing of animal waste is the lack of high energy efficiency of this technology. The paper provides a justification for energy-saving technology for processing poultry waste through the use of an upgraded extruder, the principle of operation of which is based on the thermal vacuum effect on the product coming out of the die of the machine.

Keywords: waste, extruder, thermal vacuum effect, energy efficiency, vacuum chamber.

Известно, что агропромышленный комплекс России является одним из основных источников вторичных ресурсов и отходов. Как следствие этого, глобальной целью данной отрасли страны может быть объявлено переформатирование всех ее базовых технологических процессов в безотходные или малоотходные производства.

Отходы птицеводства, так же как и отходы животноводства в целом, в силу своего значительного ресурсного потенциала и возможного вредного воздействия на окружающую среду, вызывают значительный интерес и подлежат особому регулированию. В связи с этим в Российской Федерации был принят и введен в действие национальный стандарт, основным предназначением которого является реализация хозяйствующими субъектами комплекса организационных и технологических решений, позволяющих отходы основного производства в птицеводстве (помет) превратить в ценный полезный продукт – органическое удобрение [1].

В последние 10 – 15 лет теоретическими исследованиями обосновано применение экструзионных технологий обработки помета и отходов, получаемых в процессе первичной переработки продукции птицеводства. В первом случае, в качестве готового продукта предлагается получать органическое удобрение, а во втором – корм для сельскохозяйственных и домашних животных [3, 4].

При этом было выяснено, что основным фактором, сдерживающим широкое применение экструзии при переработке отходов птицеводства, является недостаточно высокая энергоэффективность данной технологии. В определенной степени этот факт объясняется многоступенчатым преобразованием в экструдереодного вида энергии в другой, а также тем, что теплота водяного пара, получаемого в заключительной фазе рабочего процесса существующих машин этого вида, не регенерируется [2].

Частичное решение указанной проблемы позволило разработать конструктивно-технологические схемы экструдеров, работающих по принципу термовакуумного воздействия на получаемый продукт в момент выхода его из фильеры матрицы машины. При этом, кроме некоторого увеличения энергоэффективности процесса термовакуумной экструзии, была решена проблема переработки сырья с повышенной влажностью [5, 6].

В части реализации этой концепции при получении корма из смеси отходов птицеводства и растительного сырья заложены следующие принципы:

1. Экструдирование сырья, а также обезвоживание и охлаждение готового продукта, осуществляется как непрерывный технологический процесс экструдера, оборудованного двумя вакуумными камерами, первая из которых расположена соосно шнеку и фильере матрицы машины, а вторая – последовательно первой и ограничена с обеих сторон шлюзовыми затворами.

2. Смесь отходов животного и растительного происхождения экструдируется при температуре 120…130 °С в течение 10…15 с.

3. При выходе из фильеры полученный экструдат обрабатывается пониженным давлением, равным 0,03…0,04 МПа в первой камере, и 0,07…0,08 МПа – во второй.

4. Влажность готового продукта зависит от давления воздуха в камерах и регулируется с помощью вакуум-регулятора, а также величиной подсоса воздуха в каждой из камер посредством специальных кранов.

Способ производства кормов, основанный на этих принципах, запатентован [7], а на его более совершенную версию получено решение ФИПС о выдаче патента на изобретения.

Методология разработки технологии получения высококачественного органического удобрения путем экструдирования смеси куриного помета с растительным наполнителем имеет схожий алгоритм и несущественно отличается технологическими параметрами процесса [3, 5].

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 113.15.01–2019. Наилучшие доступные технологии. Рекомендации по обработке, утилизации и обезвреживанию органических отходов сельскохозяйственного производства. – М. : Стандартинформ, 2019. – 11 с.

2. Курочкин, А. А. Системный подход к разработке экструдера для термовакуумной обработки экструдата / А. А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4 (01). – С. 17 – 22.

3. Курочкин, А. А. Энергосберегающая технология переработки куриного помета в органическое удобрение / А. А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2018. – № 3(16).– С. 16 – 19.

4. Курочкин, А. А. Способ производства кормов из отходов животного и растительного происхождения с повышенной влажностью ингредиентов / А. А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2019. – № 2(19). – С. 21 – 25.

5. Курочкин, А. А. Энергосберегающие аспекты в разработке экструдеров с термовакуумным эффектом / А. А. Курочкин, М. А. Потапов, С. В. Петрухин // Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья [Электронный ресурс] : сб. материалов I Всерос. конф. с междунар. участием / под общ. ред. Ю. В. Родионова; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 31 – 35.

6. Пат. 2561934 Российская Федерация, МПК A23P1/12, B29C47/38. Экструдер с вакуумной камерой / Шабурова Г. В., Воронина П. К., Шабнов Р. В. и др. – № 2014125348/13; заявл. 23.06.2014; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 25. – 7 с.

7. Пат. 2610805 Российская Федерация, МПК A23K 40/25, A23K 10/26, A23K 10/37. Способ производства кормов / Воронина П. К., Курочкин А. А., Шабурова Г. В. и др. – № 2015119627; заявл. 25.05.2015, опубл. 15.02.2017, Бюл. № 5. – 8 с.

References

1. GOST R 113.15.01–2019. Best available technologies. Recommendations for processing, utilization and neutralization of organic waste of agricultural production. Moscow: Standardinform, 2019. – 11 P.

2. Kurochkin, A. A. System approach to the development of an extruder for thermo-vacuum processing of extrudate / A. A. Kurochkin // Innovative equipment and technologies. – 2014. – № 4 (01). – P. 17 – 22.

3. Kurochkin, A. A. Energy-Saving technology for processing chicken flour into organic fertilizer / A. A. Kurochkin // Innovative equipment and technologies. – 2018. – № 3 (16). – P. 16 – 19.

4. Kurochkin, A. A. Method of production of feed based on waste of animal and vegetable origin with increased humidity of ingredients / A. A. Kurochkin // Innovative equipment and technologies. – 2019. – № 2(19). – P. 21 – 25.

5. Kurochkin, A. A. Energy-Saving aspects in the development of extruders with thermal vacuum effect / A. A. Kurochkin, M. A. Potapov, S. V. Petrukhin // In the collection: import-Substituting technologies and equipment for deep complex processing of agricultural raw materials [Electronic resource] : materials I all-Russian Conf. with interstate. participation / under General. row. Yu. V. Rodionova; FGBOU VO “TSTU”. – Tambov “Publishing center OF TSTU”, 2019. – P. 31 – 35.

6. PET. 2561934 Russian Federation, IPC A23R1/12, B29S47/38. Extruder with vacuum chamber / Shaburova G. V., Voronina P. K., Shabnov G. V. [etc.]. – Number 2014125348/13; request. 23.06.2014; publ. 10.06.2015, Bul. No. 25. – 7 P.

7. PET. 2610805 Russian Federation, IPC A23K 40/25, A23K 10/26, A23K 10/37. Contributes to the production of feed / Voronina P. K., Kurochkin A. A., Shaburova G. V. [etc.]. – Number 2015119627; request. 25.05.2015; publ. 15.02.2017, Bul. No. 5. – 8 P.

УДК 629.3

Р. И. Ли, А. Н. Быконя
(ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»,
кафедра «Транспортные средства и техносферная безопасность»,
Липецк, Россия, e-mail: romanlee@list.ru, loseroff@mail.ru)

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. В статье подробно описан стенд оригинальной конструкции для исследования контактных напряжений и долговечности подшипниковых узлов сельскохозяйственной техники, в котором устранены конструктивные недостатки известных стендов.

Ключевые слова: стенд, конструкция, исследование, испытание, подшипник, нагрузка, долговечность.

R. I. Lee, A. N. Bykonya
(Lipetsk State Technical University,
Department of Vehicles and Technospheric Safety, Lipetsk, Russia)

STAND FOR TESTING BEARING UNITS OF AGRICULTURAL EQUIPMENT

Abstract. The article describes in detail the stand of the original design for the study of contact stresses and durability of bearing units of agricultural machinery, which eliminated the design disadvantages of the known stands.

Keywords: stand, construction, research, test, bearing, load, longevity.

Увеличение долговечности подшипников качения в значительной мере определяет надежность машины в целом и вопросы повышения ресурса подшипников качения при проектировании, конструировании, производстве и ремонте сельскохозяйственной техники, являются чрезвычайно актуальными, представляют большой научный и практический интерес. Стендовые испытания подшипниковых узлов на долговечность позволяют значительно сократить объем и трудоемкость исследований, уменьшить затраты денежных средств. Ресурс подшипника обратно пропорционален контактным напряжениям, поэтому исследования параметров контакта нагруженных тел с дорожками качения, направленные на снижение контактных напряжений, чрезвычайно важны и позволяют значительно повысить долговечность подшипников качения и увеличить время безотказной работы автотракторной техники [1].

Широкое распространение получил метод восстановления изношенных посадочных отверстий в корпусных деталях машин нанесением покрытий из раствора эластомера. Наличие слоя полимерного нанокомпозита в посадочном отверстии приводит к перераспределению нагрузки с центрального, наиболее нагруженного тела качения на соседние с ним тела качения за счет деформации кольца подшипника. Так же увеличивается площадь пятна контакта нагруженных тел с дорожками качения из-за большей деформации поверхности дорожек качения в подшипниках с покрытием из полимерного нанокомпозита в сравнении со стандартным подшипником. Это приводит к снижению контактных напряжений и увеличивается ресурс подшипников.

Конструкции стендов для испытания подшипников качения на долговечность отличаются большим разнообразием, а их цена варьирует, в большом диапазоне. Японская компания «ShinkoEngineeringCo., Ltd» производит стенд для испытания подшипников на долговечность. Конструкция стенда позволяет испытывать конические роликовые и игольчатые подшипники с диаметром внутреннего кольца от 20 до 50 мм, с частотой вращения от 300 до 3000 мин$^{-1}$, при температуре испытаний до 150 °С, радиальной нагрузке от 20 до 40 кН, осевой – от 1 до 20 кН [2].

Компания MCM (MICHIGAN CUSTOM MACHINES) предлагает испытательную машину для подшипников ступиц колес автомобилей. Машина имеет две гидравлические станции: радиального и осевого нагружения. Радиальная и осевая нагрузки на испытываемый подшипник программируются и достигают 25 кН, частота вращения шпинделя до 5000 мин$^{-1}$ [3].

Машины для испытания подшипников на долговечность ZYS (LuoyangBearingScience&TechnologyCo., Ltd.) оснащают автоматическим компьютерным контролем, который может предварительно настраиваться в соответствии с действующими рабочими условиями подшипников для контроля температуры подшипников, вибрации и основного тока через двигатель. Результаты испытаний могут быть сохранены в памяти компьютера и напечатаны автоматически. Когда испытываемый подшипник разрушается или машина испытывает сбой в работе, машина автоматически подает сигнал тревоги и останавливается, используя интеллектуальное управление [4].

Недостатками вышеописанного испытательного оборудования является сложность конструкции, повышенная материалоемкость и цена, которая колеблется в диапазоне 5…60 тыс. долл. США.

На кафедре «Транспортные средства и техносферная безопасность» ЛГТУ разработана новая конструкция стенда для испытания подшипников качения на долговечность. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-38-90227\19).

Стенд позволяет исследовать контактные напряжения и распределение нагрузки между телами качения в подшипниках, площадь пятна контакта нагруженных тел с дорожками качения колец подшипника. Стенд состоит из рамы опорной *1*, на которую смонтирована пластина опорная *2* (рис. 1). На основании опорной пластины установлен корпус электродвигателя асинхронного *14* в виде цилиндра с подшипниковыми щитами *13* (рис. 1). В корпусе электродвигателя размещен вал *9* с двумя вспомогательными подшипниками *8* и двумя испытываемыми подшипниками *10, 10а*. На вал *9* напрессован якорь *17*, а в корпусе *14* установлена обмотка статора *18* асинхронного электродвигателя. Через внутренние кольца испытываемые подшипники сопрягаются с втулками *11*. Втулка напрессована на вал *9* электродвигателя. Втулки позволяют испытывать подшипники качения различных типоразмеров. Размер втулок определяется типоразмером испытываемых подшипников.

Наружными кольцами испытываемые подшипники сопрягаются с втулками *12* (рис. 1). Втулка запрессована в посадочное отверстие подшипникового щита *13*. Втулки *12* позволяют испытывать подшипники качения различного типоразмера. Размер втулок определяется типоразмером испытываемых подшипников.

При испытаниях радиальных подшипников испытываемых радиальных подшипников два: *10* и *10а* (рис. 1). Радиальное нагружение подшипника осуществляют гидроцилиндром *3* через нагрузочную вилку *16* и вспомогательный подшипник *8*.

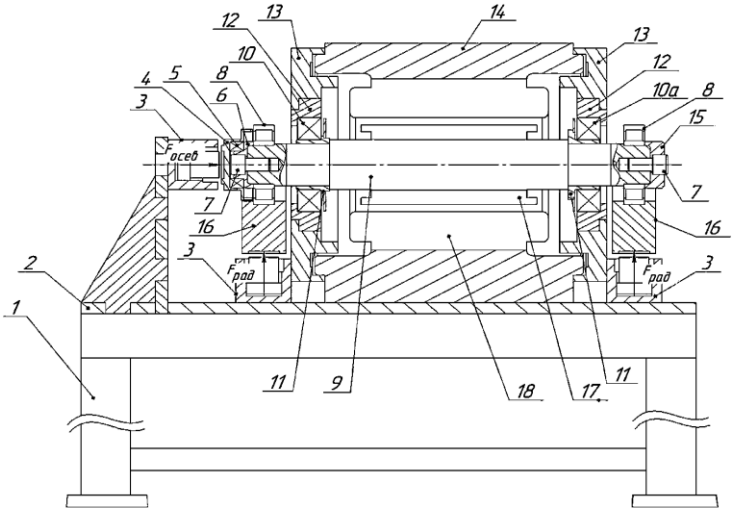


Рис. 1. Стенд для испытания подшипников качения

В случае испытания радиально-упорных и упорных подшипников испытываемым подшипником является подшипник *10a*, а *10* является вспомогательной опорой (подшипник типа 32XXX). Осевое усилие от штока гидроцилиндра *3* передается на корпус *4* с упорным подшипником *5*, упорную втулку *6* и вал *9*.

При осевом и радиальном нагружениях (радиально-упорный подшипник) вал вместе с внутренними кольцами и роликами вспомогательных подшипников смещается вправо. Поэтому осевая нагрузка полностью, без искажений, воспринимается испытываемым радиально-упорным подшипником *10a*. Так как ширина беговой дорожки внутреннего кольца роликоподшипника больше длины ролика, площадь пятна контакта не меняется, и радиальная нагрузка без искажений воспринимается испытываемым подшипником.

Стенд оснащен преобразователем частоты общепромышленного применения EI-7011 компании «ВЕСПЕР», что позволяет бесступенчато регулировать частоту вращения вала и подшипников от 0 мин$^{-1}$.

На конструкцию стенда получен Патент РФ на изобретение № 2719624 [5].

Список использованных источников

1. Чичинадзе А. В. Справочник по триботехнике : в 3 т. Т. 1. Теоретические основы / М. Хебда, А. В. Чичинадзе. – М. : Машиностроение, 1989. – 400 с.

2. Shinko EngineeringCo., Ltd. [Электронный ресурс]: Shinko Engineering Co., Ltd. is Japan’s top-ranking manufacturer of tribological testers in friction, wear, and lubrication: [сайт]. – URL : www.shinko-zoki.co.jp/shinko_en/introduces/04/03.html (дата обращения: 25.08.2020)

3. Michigan Custom Machines [Электронный ресурс]: WheelHub BearingTestBench. [Сайт]. – URL : https://michigancustommachines.com/product/wheel-hub-bearing-test-bench/ (дата обращения: 25.08.2020)

4. ZYS PRODUCTS [Электронныйресурс]: Bearing life testing machines. [Сайт]. – URL : http://www.zysbearing.com/bearing-testing-machines/bearing-life-testing-machine.html (дата обращения: 25.08.2020).

5. Пат. на изобретение РФ № 2719624. Стенд для испытания подшипников качения на долговечность / Ли Р. И., Псарев Д. Н., Ризаева Ю. Н., Пчельников А. В., Быконя А. Н., Мельников А. Ю. ; заявл. 08.07.2019 ; опубл. 21.04.2020, Бюл. № 12.

References

1. Chichinadze, A. V. Handbook of tribotechnics : in 3 t. T. 1. Theoretical foundations / M. Hebda, A. V. Chichinadze. – M. : Mechanical Engineering, 1989. – 400 p.

2. Shinko Engineering Co., Ltd. [Electronic resource]: Shinko Engineering Co., Ltd.is Japan's top-ranking manufacturer of tribological testers

in friction, wear, and lubrication: [site]. – URL : www.shinko-zoki.co.jp/shinko_en/introduces/04/03.html (date accessed: 25.08.2020)

3. Michigan Custom Machines [Electronic resource]: Wheel Hub Bearing Test Bench. [Site]. – URL : https://michigancustommachines.com/product/wheel-hub-bearing-test-bench/ (accessed: 25.08.2020)

4. ZYS PRODUCTS [Electronic resource]: Bearing life testing machines. [Website]. – URL : http://www.zysbearing.com/bearing-testing-machines/bearing-life-testing-machine.html (date accessed: 25.08.2020).

5. Patent for invention of the Russian Federation No. 2719624. Stand for testing rolling bearings for durability [Text]: 08.07.2019. / Li R. I., Psarev D. N., Rizaeva Yu. N., Pchelnikov A. V., Bykonya A. N., Melnikov A. Yu. ; Publ. 21.04.2020, Byul. No. 12.

УДК629.3

Р. И. Ли, А. Н. Быконя
(ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»,
кафедра «Транспортные средства и техносферная безопасность»,
Липецк, Россия, e-mail: romanlee@list.ru, loseroff@mail.ru)

МОДЕЛЬ ТЕРМОРАДИАЦИОННОГО НАГРЕВА КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОЛИМЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Аннотация. Приведен алгоритм и компьютерная программа расчета параметров установок инфракрасного излучения для сушки полимерных покрытий на металлическом основании. Приведены сравнительные расчетные и экспериментальные данные параметров инфракрасного нагрева корпусных деталей.

Ключевые слова: полимерное покрытие, корпусная деталь, инфракрасный нагрев, износ, качество, алгоритм, программа расчета.

R. I. Lee, A. N. Bykonya
(Lipetsk State Technical University,
Department of Vehicles and Technospheric Safety, Lipetsk, Russia)

MODEL OF THERMORADIATION HEATING OF HOUSING PARTS OF AGRICULTURAL EQUIPMENT DURING RESTORATION WITH POLYMER MATERIALS

Abstract. The article presents an algorithm and a computer program for calculating the parameters of infrared radiation installations for drying polymer coatings on a metal base. Comparative calculated and experimental data of parameters of infrared heating of body parts are given.

Keywords: polymer coating, body part, infrared heating, wear, quality, algorithm, calculation program.

Корпусные детали являются базисными и самыми дорогими деталями, которые определяют ресурс агрегатов и автомобиля в целом. Их в основном выбраковывают из-за износа посадочных отверстий подшипников [1…2]. Износ посадок подшипников в корпусных деталях обусловлен фреттинг-коррозией. При восстановлении корпусных деталей эластомером Ф-40 затраты, в сравнении со способами сварки и наплавки, существенно ниже, а ресурс восстановленных корпусных деталей подшипниковых узлов значительно выше [2 – 4].

Работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-48-480008/19).

В соответствии с разработанной моделью инфракрасного нагрева корпусных деталей типа II разработан следующий алгоритм расчета.

1. Ввод начальных данных для расчета: C_v – теплоемкость детали, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \times \text{К}}$; ε – степень черноты серого тела, для чугуна ε = = 0,60…0,70; m – масса детали, кг; F – площадь поверхности щита, м^2; $T_{\text{уст}}$ – установившаяся температура детали, К; T_0 – температура окружающей среды, К; D – диаметр подшипникового щита, м; d – диаметр отверстия под подшипник, м; $Q_{\text{изл}}$ – мощность излучателя электрическая, Вт; η – КПД излучателя; ϕ – угол рассеивания отражателя, рад; l – длина ИК-излучателя, м.

2. Задают температуру термообработки детали с полимерным покрытием (установившуюся технологическую температуру), например, $T_{\text{уст}}$ = 150 °С.

3. Экспериментально определяют константу нагревания $H_{\text{эксп}}$ для самого малого типоразмера подшипникового щита данного типа до заданной технологической температуры. Полученное значение константы нагревания будет одним и тем же для всех типоразмеров подшипниковых щитов данного типа.

4. По формуле (1) рассчитывают мощность, поглощаемую телом, при достижении $T_{\text{уст}}$:

$$q_{\text{изл}} = \frac{C_v m\left(T_{\text{уст}} - T_0\right)}{H_{\text{эксп}}}. \qquad (1)$$

5. По формуле (2) рассчитывают расстояние L от выбранного излучателя до щита, при котором обеспечивается рассчитанное ранее требуемое значение $q_{изл}$:

$$q_{изл} = \frac{4\mu\varepsilon Q_{изл}\sin\beta_0}{\varphi l}\left(\int_0^{\alpha_0}\sqrt{\frac{D^2}{4}-(L\mathrm{tg}\alpha)^2}\,d\alpha - \int_0^{\gamma_0}\sqrt{\frac{d^2}{4}-(L\mathrm{tg}\gamma)^2}\,d\gamma\right), \quad (2)$$

α_0 – предельное значение угла α_0 (рис. 1), $\alpha_0 = \mathrm{arctg}\frac{D}{2L}$, рад;

β_0 – предельное значение угла β_0 (рис. 1), $\beta_0 = \mathrm{arctg}\frac{l}{2L}$, рад;

$\gamma_0 = \mathrm{arctg}\frac{d}{2L}$.

Интерфейс программы представлен на рис. 2.

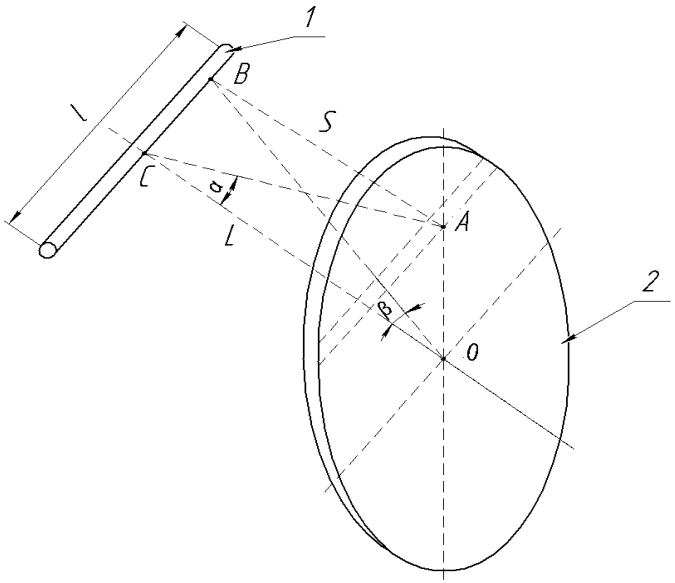


Рис. 1. Схема установки инфракрасного нагрева:
1 – ИК-излучатель; *2* – подшипниковый щит; *L* – расстояние от ИК-излучателя до подшипникового щита; *l* – длина ИК-излучателя

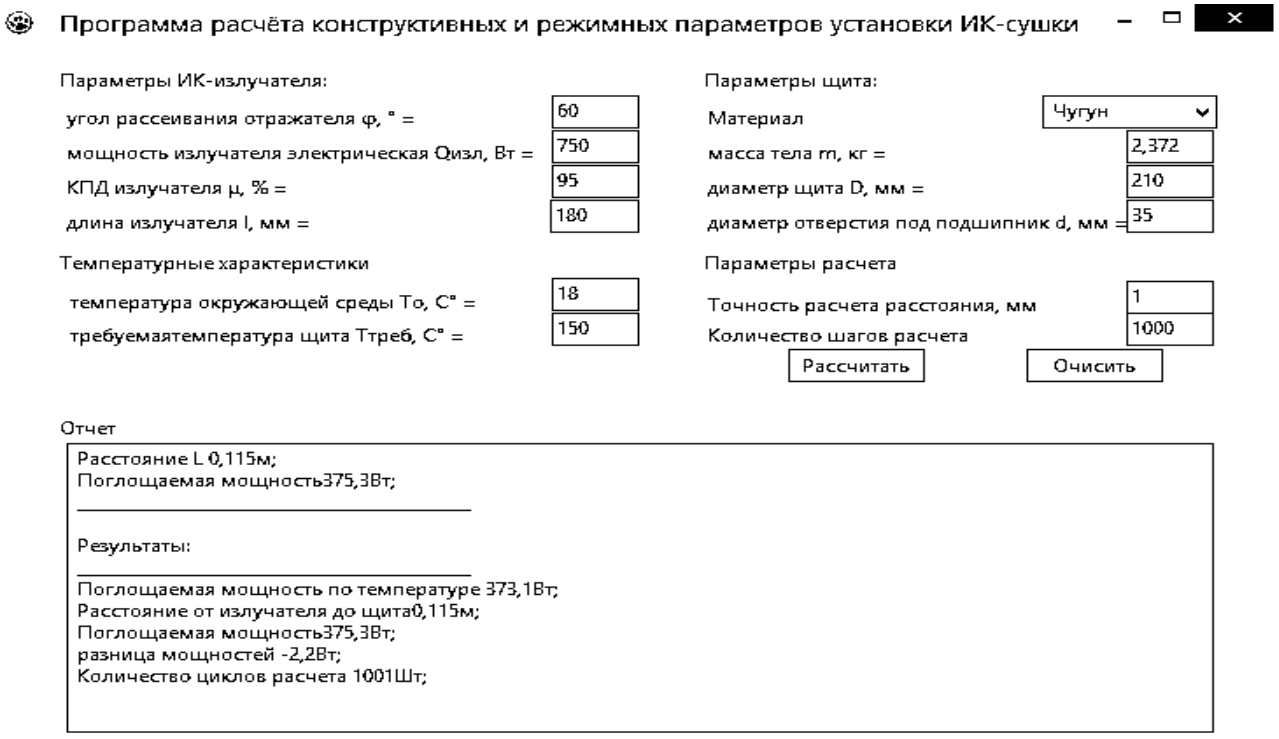


Рис. 2. Интерфейс программы

1. Расчетные и экспериментальные значения параметров нагрева корпусной детали типа II

Диаметр щита D, мм	Расстояние L, м	Температура T, °С		Время нагрева τ, мин	
		расчет	эксперимент	расчет	эксперимент
145	0,125	150,0	148,2	41,0	42,0
185	0,115	150,0	149,3	45,0	46,0
210	0,110	150,0	147,4	47,0	48,0

В таблице 1 приведены сравнительные расчетные и экспериментальные значения температуры и времени нагрева деталей.

Выводы.

1. На основе математической модели инфракрасного нагрева корпусных деталей типа II разработаны алгоритм и компьютерная программа расчета конструктивных и режимных параметров установок инфракрасного излучения для сушки полимерных покрытий.

2. Контрольный эксперимент показал высокую сходимость расчетных и экспериментальных значений параметров нагрева корпусной детали, а, следовательно, корректность разработанной компьютерной программы расчета.

Список использованных источников

1. Курчаткин, В. В. Восстановление посадок подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами : дис. ... д-ра техн. наук / В. В. Курчаткин ; МИИСП. – М., 1989. – 407 с.

2. Ли, Р. И. Технологии восстановления и упрочнения деталей автотракторной техники / Р. И. Ли. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2014. – 379 с.

3. Ли, Р. И. Технология и оснастка для высокоточного восстановления полимером посадочных отверстий в корпусных деталях автотракторной техники / Р. И. Ли, Ф. А. Кирсанов, М. Р. Киба // Клеи. Герметики. Технологии. – 2016. – № 3. – С. 28 – 33.

4. Ли, Р. И. Полимерные композиционные материалы для фиксации подшипников качения в узлах машин : монография / Р. И. Ли. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2017. – 224 с.

5. Надежность и ремонт машин / В. В. Курчаткин и др. – М. : Колос, 2000. – 776 с.

References

1. Kurchatkin, V. V. Restoration of plantings of rolling bearings of agricultural machinery with polymer materials: dis. ... Dr. Techn. science / Kurchatkin Vyacheslav Viktorovich; MIISP. – M., 1989. – 407 p.

2. Lee, R. I. Technologies for restoring and strengthening parts of automotive equipment. – Lipetsk : LSTU Publishing house, 2014. – 379 p.

3. Lee, R. I. Technology and equipment for high-precision polymer recovery of landing holes in body parts of automotive equipment / R. I. Lee, F. A. Kirsanov, M. R. Kiba // Glues. Sealants.Technologies. – 2016. – No. 3. – P. 28 – 33.

4. Lee, R. I. Polymer composite materials for fixing rolling bearings in machine assemblies: Monograph / R. I. Lee. – Lipetsk : LSTU Publishing house, 2017. – 224 p.

5. Reliability and repair of machines / V. V. Kurchatkin at al. – M.: Kolos, 2000. – 776 p.

УДК 621.43.057.3

А. Е. Ломовских, А. А. Томилов, В. П. Иванов,
А. А. Волокитин, А. Н. Жулин
(Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия, e-mail: lomovskih1979@yandex.ru)

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА

Аннотация. В статье описывается система приготовления и подачи водно-топливной смеси для бензиновых двигателей внутреннего сгорания с электронной системой впрыскивания топлива, что позволяет без существенного изменения штатной системы питания улучшить экономические и экологические характеристики двигателя.

Ключевые слова: электронная система впрыскивания, водно-топливная смесь, автомобильная техника.

A. E. Lomovskih, A. A. Tomilov, V. P. Ivanov,
A. A. Volokitin, A. N. Zhulin
(Military Educational and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin", Voronezh, Russia)

METHOD FOR PRODUCING FUEL MIXTURES FOR AN ELECTRONIC FUEL INJECTION SYSTEM

Abstract. The article describes the system of preparation and supply of water-fuel mixture for gasoline internal combustion engines with an electronic fuel injection system, which allows without significant changes in the standard power system to improve the economic and environmental characteristics of the engine.

Keywords: electronic injection system, water-fuel mixture, automotive equipment.

На современном этапе в связи с быстрым увеличением количества автомобилей, увеличивается выброс вредных веществ двигателями внутреннего сгорания (ДВС), которые, в основном, не отвечают экологическим требованиям выброса вредных веществ. Каждый день в мире сжигается более 71 млн. баррелей нефти. Ее потребление, по расчетам аналитиков, растет на 2% в год. Для ДВС в качестве моторного топлива применяется бензин различных марок и дизельное топливо. В связи со вступившим в силу Постановлением Правительства РФ № 609 от 12 октября 2005 г., касающегося вопросов экологизации автомобильного транспорта России, становятся особенно актуальными проблемы качества жидких нефтяных топлив, непосредственно количество вредных веществ, которое они выделяют при сгорании, а также проблема экономии невозобновляемого природного топлива.

В таблице 1 перечислены вещества, оказывающих пагубное влияние на здоровье людей, и их состояние на окружающую среду [1].

1. Вредные вещества, содержащиеся в отработавших газах двигателя

Наименование вещества	Количество веществ при сгорании 1 кг топлива			
	бензиновом ДВС		дизельном ДВС	
	гр.	%	гр.	%
Оксид углерода	225	73,8	–	25,5
Оксид азота	55	18,1	38	38,8
Углеводороды	20	6,6	8	8,2
Оксиды серы	2	0,7	21	21,4
Альдегиды	1	0,3	1	1
Сажа	1,5	0,5	5	5,1
Всего	304,5	100	98	100

Возможным решением данных проблем для автомобилестроения стала разработка и применение электромобилей, гибридных транспортных средств, ДВС, работающих на альтернативных видах топлива, различных механических, электрических и магнитных устройств улучшающих качество топлива, а также способы повышения качества топлива путем изменения его структуры (перевода тяжелых углеводородных фракций в более легкие) и добавление в углеводородное топливо воды в целях получения водно-топливных смеси (ВТС). Одним из способов решения проблемы уменьшения выбросов вредных веществ, также является добавление воды в жидкое углеводородное топливо.

В настоящее время топливные смеси на основе дизельного топлива с добавлением воды и с применением эмульгаторов используются для дизельной техники в России, а также в Европейских странах, Японии и Китае. Применение таких ТС является одним из действенных методов комплексного улучшения эксплуатационных показателей ДВС. Исследованиями установлено, что при дозированном использовании компонентов ТС возможно снижение токсичности ОГ, повышение экономичности и увеличение эффективной мощности ДВС. Однако способы использования воды как компонента ТС на основе бензина – бензиновые смеси (БС) без применения дорогостоящих эмульгаторов и влияние параметров такой смеси на показатели топливной экономичности, экологичности ДВС исследовано недостаточно. В частности, отмечается невозможность оперативного изменения концентрации воды в смеси в зависимости от режимов работы ДВС, быстрое расслоение смеси, недостаточная изученность влияния воды на эксплуатационные показатели двигателя. Для решения поставленных выше проблем предлагается для бензиновых, инжекторных ДВС модернизировать электронную систему впрыскивания топлива для работы на топливной смеси согласно схеме, представленной на рис. 1 [2].

В данной схеме топливный насос забирает очищенное через фильтры *12* топливо из бака *14* и под давлением подает к топливной рампе *2* и далее к форсункам *1*, которые дозируют подачу топлива в цилиндры ДВС. При приготовлении ВТС электронной системой для ДВС время израсходования топлива из топливной рампы *2* происходит в течение 8 секунд, поэтому время до расслоя ВТС должно быть больше. В электронных системах впрыскивания топлива применяется топливный насос электрического принципа действия, развиваемое им рабочее давление в системе питания составляет 2,1…3,5 кг/см^2. Система для приготовления и подачи ВТС с электронной системой впрыскивания топлива для ДВС работает следующим образом. Топливо из топливного бака *15* через подводящий топливопровод *12* подается под давлением, создаваемым топливным насосом *14*, к автоматическому дозатору подачи воды *21*, представляющему собой струйно-кавитационный эжектор, представленный на рис. 2, который установлен на емкости с водой *19*.

Автоматический дозатор подачи воды *21* дозирует количество воды и топлива, которые перемешиваются в смесительном аппарате *20*, полученная ВТС поступает к топливной рампе *2* и через установленные на ней форсунки *1* в цилиндры ДВС [3].

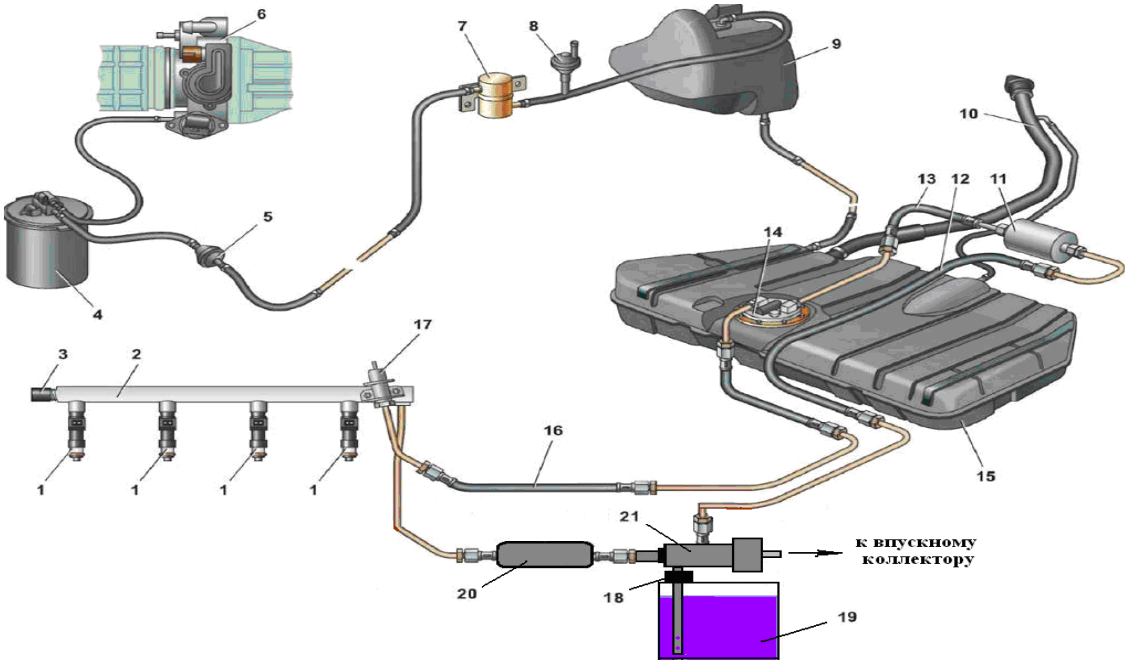


Рис. 1. Схема системы питания с приготовлением ВТЭ с электронной системой впрыскивания топлива для ДВС: *1* – форсунки; *2* – топливная рампа; *3* – диагностический штуцер топливной рампы (для проверки давления топлива); *4* – регулятор давления топлива; *5* – емкость с водой; *6* – шланг для соединения топливной рампы с топливопроводом; *7* – смесительный аппарат; *8* – клапан подачи воды; *9* – автоматический дозатор подачи воды; *10* – заливная трубка; *11* – топливный фильтр; *12* – подводящий топливопровод; 13 – шланг топливопровода; *14* – топливный насос; *15* – топливный бак; *16* – шланг для соединения топливной рампы с топливопроводом; *17* – регулятор давления топлива

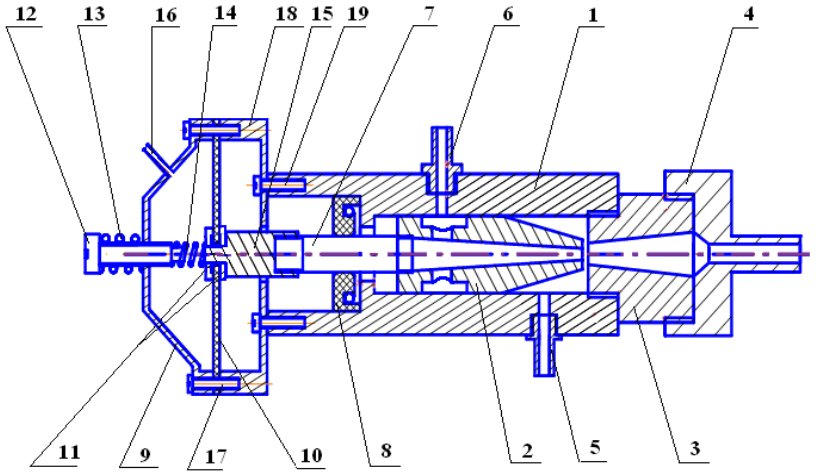


Рис. 2. Струйно-кавитационный эжектор подачи воды

Эжектор содержит корпус *1* со штуцером *5*, соединяющим внутреннюю полость корпуса с емкостью для воды, и штуцером *6* для подвода топлива внутрь активного сопла *2*. На одном торце корпуса *1* закреплен диффузор *3* с крышкой *4*, представляющей собой выходной штуцер. На втором торце корпуса *1* закреплена вакуумная камера винтами *19*, которая состоит из крышки *9*, в которой закреплен штуцер *16*, соединяющий внутреннее пространство камеры с впускным коллектором ДВС, и стакана *18*, а также мембраны *10*, изготовленной из упругого материала, соединенных вместе винтами *17*. В средней части мембрана *10* зажата дисковыми шайбами *11*, в одну из которых со стороны крышки *9* упирается пружина *14*, второй конец которой упирается в винт *12*, жесткость пружины *14* регулируется винтом *12*, посредством вворачивания его в крышку. Между головкой винта *12* и крышкой *9* установлена стопорная пружина *13*, удерживающая винт *12* от самоотворачивания. Вторая дисковая шайба *11* со стороны днища стакана *18* упирается во втулку *15*, хвостовик которой проходит через центр обеих шайб *11* и мембраны *10*, конец хвостовика входит в регулировочную пружину и удерживает ее от смещения относительно продольной оси. Второй конец втулки *15* соединен со шпилькой *7* активного сопла *2*, шпилька *7* соединена с соплом *2* резьбовым соединением. Внутреннее пространство корпуса *1* со стороны вакуумной камеры загерметизировано сальником *8*, корпус сопла *2* имеет коническую

часть, примыкающую к диффузору *3*, и цилиндрическую часть, соединенную со шпилькой *7* резьбовым соединением. Внутри сопло *2* имеет осевое, коническое отверстие, которое со стороны цилиндрической части заглушено шпилькой *7*, а с другой стороны сообщается с диффузором *3*. В корпусе сопла *2* имеется кольцевая проточка с радиальным отверстием, которые сообщаются с отверстием в корпусе эжектора, обеспечивая подвод топлива внутрь сопла и далее в диффузор, причем ширина кольцевой проточки достаточна для подачи топлива в диффузор при любом положении сопла относительно корпуса эжектора.

Устройство работает по следующей схеме. Когда ДВС не работает, активное сопло *2* при помощи пружины *14* закрывает отверстие в диффузоре *3*. После запуска ДВС топливный насос через штуцер *6* в сопло *2* и далее в диффузор *3* эжектора подает топливо. Одновременно с этим во впускном коллекторе ДВС создается разряжение, которое через штуцер *16* передается в вакуумную камеру, в пространство между мембраной *10* и крышкой *9*, в результате чего мембрана *10* прогибается и сжимает пружину *14*. Так как мембрана жестко соединена, через соединительную втулку *15* и шпильку *7* с активным соплом *2*, то она перемещает активное сопло *2* за собой, которое отходит от неподвижного диффузора *3* и открывает отверстие подачи воды из емкости. По мере увеличения нагрузки на ДВС разряжение во впускном коллекторе увеличивается, мембрана *10* сильнее прогибается, и активное сопло *2* дальше отходит от неподвижного диффузора *3*, тем самым увеличивая подачу воды. После остановки ДВС за счет пружины *14* мембрана *10* с активным соплом *2* возвращается в исходное положение и закрывает отверстие в неподвижном диффузоре *3*, перекрывая подачу воды [4]. Поэтому при работе эжектора происходит автоматическая регулировка подачи воды в зависимости от режимов работы ДВС.

Список использованных источников

1. Гавкалюк, Б. В. Повышение безопасности эксплуатации транспортных средств путем изменения состава и структуры водно-топливных эмульсий / Б. В. Гавкалюк, В. Н. Ложкин. – СПб., 2007. – 180 с.

2. Пат. № 2390649 Российская Федерация МПК F02M 25/00, F02B47/02. Система для приготовления и подачи водно-топливной эмульсии в двигатель внутреннего сгорания / Ломовских А. Е., Воробьев Ю. В., Тетюриков В. Б. ; опубл. – 18 с.

3. Струйно-кавитационный эжектор для модернизации системы питания двигателя внутреннего сгорания / А. Е. Ломовских, А. А. То-

милов, А. А. Свиридов и др. // Наукоемкие технологии : Международный научно-технический журнал. – 2017. – Т. 18, № 8. – С. 34 – 40.

4. Способ и устройства для обработки углеводородного топлива / А. Е. Ломовских, М. В. Басараев, Ю. В. Гусев, А. А. Свиридов // Сельский механизатор. – № 3. – 2017. – С. 35–36.

References

1. Gavkalyuk B. V., Lozhkin V. N. Improving the safety of vehicle operation by changing the composition and structure of water-fuel emulsions. Saint Petersburg., 2007. – 180 p.

2. Pat. no. 2390649 Russian Federation IPC F02M 25/00, F02B47/02. System for preparation and supply of water-fuel emulsion to the internal combustion engine-published / Lomovskikh A. E., Vorobyov Yu. V., Tetyurikov V. B. –18 p.

3. Jet-cavitation ejector for the modernization of the internal combustion engine power system / A. E. Lomovskikh, A. A. Tomilov, A. A. Sviridov, S. V. Borisov, V. I. Vigdorovich // Science-Intensive technologies. – 2017. – No. 8, T 18. – P. 34 – 40.

4. Method and devices for processing hydrocarbon fuel / A. E. Lomovskikh, M. V. Basaraev, Yu. V. Gusev, A. A. Sviridov // Rural mechanizer. – 2017. – No. 3. – P. 35–36.

УДК 536.2.083

Д. А. Любимова, А. Г. Дивин, С. В. Пономарев
(ФГОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Мехатроника и технологические измерения», Тамбов, Россия,
e-mail: kafedra@uks.tstu.ru, divinadar@yandex.ru)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПЕРИОДИЧЕСКОГО НАГРЕВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. Рассмотрены способ и устройство для определения теплофизических свойств сельскохозяйственной продукции методом периодического нагрева. Приведена краткая методика выполнения измерения коэффициента температуропроводности картофеля с использованием представленного устройства, а также анализ полученных экспериментальных данных.

Ключевые слова: теплофизические свойства, метод периодического нагрева, коэффициент температуропроводности, картофель.

D. A. Luybimova, A. G. Divin, S. V. Ponomarev
(Tambov State Technical University, Department of Mechatronics and Technological Measurements, Tambov, Russia)

USING THE PERIODIC HEATING METHOD TO STUDY AGRICULTURAL PRODUCTS THERMOPHYSICAL PROPERTIES

Abstract. A method and device for determining the thermophysical properties of agricultural products by the method of periodic heating are considered. A brief procedure for measuring the thermal diffusivity of potatoes using the presented device is presented, as well as an analysis of the obtained experimental data.

Keywords: thermophysical properties, periodic heating method, thermal diffusivity, potatoes.

Знание теплофизических характеристик растительных тканей актуально как для обеспечения оптимальных условий хранения растительной продукции, так и для выбора оптимальных режимов воздействия при тепловом контроле овощей и фруктов при их сортировке.

Наиболее точным источником знаний о теплофизических характеристиках гетерогенных материалов является эксперимент. Для практических целей целесообразно использовать контактные методы, а влияние теплового контактного сопротивления можно уменьшить за счет использования поверхностного источника тепла небольшой площади, выбором относительно плоской поверхности образца, стабилизации усилия прижатия источника тепла к объекту [1].

В данной работе в качестве примера контактного метода определения теплофизических характеристик представлены способ и устройство для определения коэффициента температуропроводности растительных тканей картофеля, основанные на методе периодического нагрева. Процессы сбора данных и задания режима нагрева в измерительной установке полностью автоматизированы и протекают под управлением персонального компьютера [2].

Применение элемента Пельтье позволило отказаться от использования жидкостных термостатов, что благоприятно сказалось на уменьшении габаритов и массы измерительной установки.

При создании программного обеспечения были использованы технологии компании National Instruments.

Методика измерения коэффициента температуропроводности растительных тканей картофеля заключается в следующем:

1) из клубня картофеля вырезают два плоских образца в виде квадрата размером 40×40 мм и толщиной, равной 3 и 25 мм, используя изготовленный заранее шаблон с квадратным отверстием тех же размеров и толщиной;

2) на расстоянии $x_1 = 0$ и $x_2 = 3$ мм от рабочей поверхности образца размещают рабочие спаи термопар КТХА (производства ОАО Tesey (Россия);

3) на нижнюю (рабочую) поверхность исследуемого образца помещают источник *2* внешнего периодического воздействия (элемент Пельтье). Внешнюю (нерабочую) сторону образца защищают от воздействия окружающей среды слоем *5* высокоэффективной изоляции;

4) после завершения подготовки исследуемого образца к эксперименту начинают активную стадию эксперимента. При этом на рабочую поверхность исследуемого образца подают периодическое температурное воздействие, и на протяжении всей активной стадии эксперимента регистрируют температуры в точках с координатами x_1 и x_2;

5) о наступлении установившегося во времени регулярного режима третьего рода судят по достижению постоянных значений амплитуд гармонических колебаний;

6) после наступления регулярного режима третьего рода определяют среднее значение температуры исследуемого образца.

7) после обработки экспериментальных данных определяют амплитуды и гармонических колебаний в точках с координатами $x = x_1$ и $x = x_2$ и величину времени запаздывания гармонических колебаний в точке $x = x_2$ по сравнению с точкой $x = x_1$, а искомый коэффициент температуропроводности вычисляется по расчетным формулам [2].

Результаты измерения коэффициента температуропроводности растительной ткани картофеля приведены в табл. 1. Каждое значение температуропроводности является средним арифметическим из 5 измеренных значений. Доверительный интервал в выборке, рассчитанный с учетом [3], составил ±0,002 м^2/с от среднего значения для доверительной вероятности 0,95.

1. Коэффициент температуропроводности растительной ткани картофеля

Объект измерения	Значение коэффициента температуропроводности (10^7), м^2/с	Отклонение от нормы в %
Здоровая растительная ткань картофеля	1,39	0
Растительная ткань картофеля с сухой гнилью	1,23	–11,5
Растительная ткань картофеля, пораженного фитофторой	1,43	14,4
Растительная ткань картофеля, пораженного альтернариозом	1,37	–4,3

Анализ экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что по коэффициенту температуропроводности можно с некоторой долей уверенности судить только о дефекте «сухая гниль». При данном заболевании снижается содержание воды в ткани, что и вызывает снижение коэффициента температуропроводности [4].

Список использованных источников

1. Жуков, Н. П. Измерительно-вычислительная система неразрушающего контроля теплофизических свойств / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова // Приборы и техника эксперимента. – № 4. – 2005. – С. 164 – 166.

2. Increasing the Precision of Thermal Properties Measurement by the Periodic Heating Method / D. Lyubimova, A. Divin, S. Ponomarev // Chemical Engineering Transactions. – 2014. – V. 39. – P. 1315 – 1320.

4. Probabilistic model of allocation laws of experimental data in information systems / Yu. Yu. Gromov, Yu.V. Minin, O. G. Ivanova, A. G. Divin, H. L. Majeed // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – No. 22. – V. 95. – 2017. – P. 6003 – 6010.

5. Пономарев, С. В. Математическая модель температурных полей клубней картофеля, содержащих поверхностные дефекты, используемая при разработке современных тепловизионных технологий и систем сортировки закладываемого на хранение картофеля / С. В. Пономарев, А. Г. Дивин, Е. С. Пономарева // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Международной научно-практической конференции, Тамбов. – 2017. – С. 179 – 185.

References

1. Zhukov, N. P. Measuring and computing system for non-destructive testing of thermophysical properties / N. P. Zhukov, N. F. Mainikova // Instruments and experimental techniques. – No. 4. – 2005. – S. 164 – 166.

2. Lyubimova, D. Increasing the Precision of Thermal Properties Measurement by the Periodic Heating Method / D. Lyubimova, A. Divin, S. Ponomarev // Chemical Engineering Transactions. – V. 39. – 2014. – P. 1315 – 1320.

4. Probabilistic model of allocation laws of experimental data in information systems / Yu. Yu. Gromov, Yu. V. Minin, O. G. Ivanova et al. // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – V. 95, No. 22. – 2017. – P. 6003 – 6010.

5. Ponomarev, S. V. Mathematical model of temperature fields of potato tubers containing surface defects, used in the development of modern thermal imaging technologies and sorting systems for stored potatoes / S. V. Ponomarev, A. G. Divin, E. S. Ponomareva // Virtual Modeling, Prototyping and Industrial Design : Materials of the IV International Scientific and Practical Conference. – Tambov. – 2017. – S. 179 – 185.

УДК 678.046.01

Н. Р. Меметов, В. С. Ягубов, Р. А. Столяров, А. Г. Ткачев
(ФГОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов», Тамбов, Россия, e-mail: postmaster@kma.tstu.ru)

ЙОДИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА И УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Установлена возможность повышения электропроводящих свойств полимерных материалов на основе полиметилметакрилата с МУНТ, легированных галогенами йода.

Ключевые слова: электрическая проводимость, нанокомпозит, йод, легирование.

N. R. Memetov, V. S. Yagubov, R. A. Stolyarov, A. G. Tkachev
(Tambov State Technical University, Department Technique and Technology for the Production of Nanoproducts, Tambov, Russia)

ELECTRICALLY CONDUCTIVE COMPOSITES BASED ON POLYMETHYL METHACRYLATE MODIFIED WITH IODIZED CARBON NANOTUBES.

Abstract. The possibility of increasing the electrical conductive properties of polymeric materials based on polymethyl methacrylate with MCNTs doped with iodine halogens has been established.

Keywords: electrical conductivity, composite, iodine, alloying.

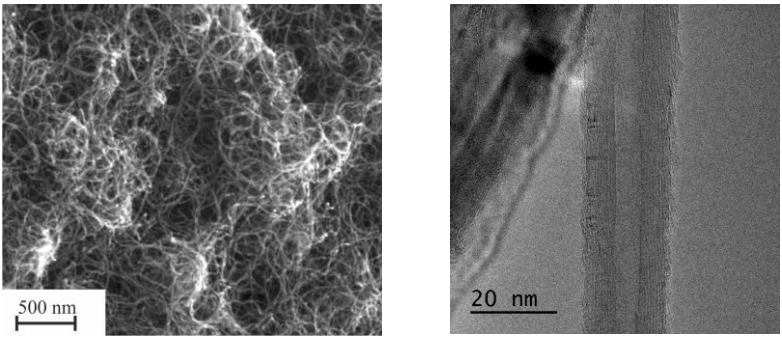
В силу своих уникальных свойств углеродные наноматериалы (УНМ) имеют предпосылки к применению их в различных отраслях науки. Особый интерес среди УНМ вызывают многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ), поскольку при их введении в полимерную матрицу, они придают ей ряд функциональных свойств, в частности, антифрикционные, армирующие, антистатические и электропроводящие [1]. Для создания нанокомпозиционных полимерных материалов, величина электропроводности которых близка к значениям, соответствующим металлам, использование одних нанотрубок является недостаточным. Данная проблема является препятствием для их широкого применения в промышленных масштабах.

В связи с этим в рамках настоящей работы была исследована возможность галогенирования объемных композитов, после введения в их

состав МУНТ. Для этого использован порошкообразный ПММА, а МУНТ наносили на поверхность его микрочастиц, создавая поверхностный проводящий слой.

Целью данной работы являлось установление влияния йодирования на электрическую проводимость нанокомпозитов ПММА/МУНТ.

Для достижения данной цели изготавливали композиты. В качестве электропроводящего наполнителя использовали многослойные УНТ «Таунит-М» (ООО «НаноТехЦентр», Тамбов Россия) (МУНТ) с диаметром от 10 до 30 нм и длиной около 5 мкм (рис. 1).



а) *б*)

Рис. 1. Фото результатов электронной микроскопии МУНТ «Таунит-М»: *а* – СЭМ, *б* – ПЭМ

Порошок ПММА смешивали в сухом виде с МУНТ в диапазоне концентраций 0,25…4% масс. Образцы композитов на основе ПММА были получены методом горячего прессования и представляли собой диски высотой 30 мм и диаметром 120 мм.

Легирование галогенами йода полученных композитов осуществляли в герметичном эксикаторе, в который загружали образцы композиций ПММА /МУНТ в тигель с йодом. Количество йода составляло 1/10 часть от массы всех помещенных образцов.

Анализ электрической проводимости композитов ПММА/МУНТ проводили в соответствии с ГОСТ Р50499–93 с помощью термометра «Е6-13А». Перед началом измерений поверхности образцов ПММА/МУНТ очищали водным раствором этилового спирта (90%) от остатков йода после легирования.

Установлено, что после легирования композитов ПММА/УНТ йодом электрическая проводимость увеличивается в целом на 1 порядок. Максимальное значение электрической проводимости $2{,}86\times10^{-2}$ достигалось при легировании ПММА 4 масс. % МУНТ.

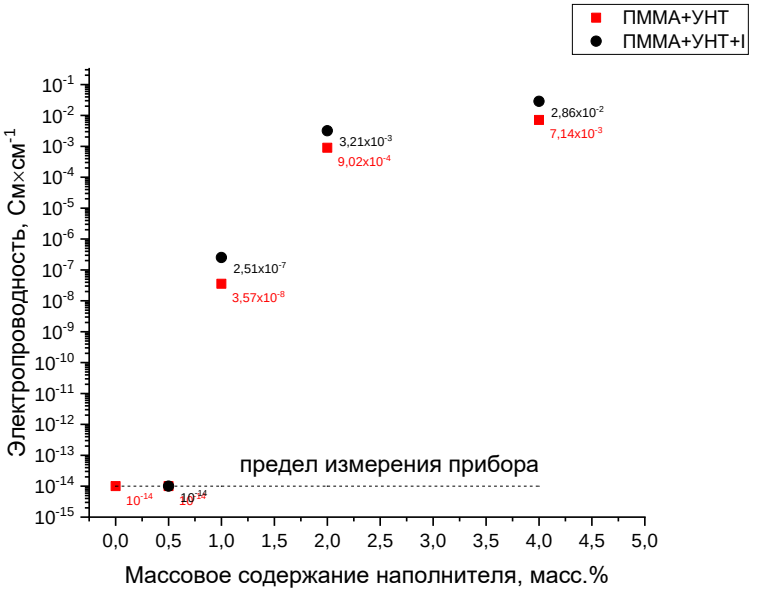


Рис. 2. Результаты анализа электрической проводимости наномодифицированных композитов

Таким образом, в работе показана возможность увеличения электропроводности композиционных образцов ПММА/МУНТ на сотни процентов посредством легирования йодом.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-19121.

Список использованных источников

1. Калугина, Е. А. Исследование влияния углеродных нанотрубок на электропроводность полимерного композитного материала / Е. А. Калугина, А. Э. Рязанцев // Физические методы в естественных науках. – Минск, 2018. – С. 43.

2. Исследование влияния фунционализации углеродных нанотрубок на электропроводящие свойства полимерного композита на их основе / Р. Р. Гарипов, С. М. Хантимеров, Н. М. Сулейманов, В. А. Шустов // Новые материалы и перспективные технологии. – Казань, 2019. – С. 99 – 104.

References

1. Kalugina, E. A. Investigation of the influence of carbon nanotubes on the electrical conductivity of a polymer composite material / E. A. Kalugina, A. E. Ryazantsev // Physical methods in natural sciences. – Minsk, 2018. – P. 43.

2. Study of the effect of functionalization of carbon nanotubes on the electrical conductive properties of a polymer composite based on them / R. R. Garipov, S. M. Khantimerov, N. M. Suleimanov, V. A. Shustov // New materials and promising technologies. – Kazan, 2019. – P. 99 – 104.

УДК 691.3

Stefan Stanko, А. В. Ерофеев, В. А. Михайлов
(Словацкий технологический университет, Братислава,
e-mail: stefan.stanko@stuba.sk);
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия,
e-mail: av.erofeev@yandex.ru, www.inanac@mail.ru)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО КАМНЯ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ЗДАНИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. Приведена классификация видов искусственного камня, технологий их производства и возможных областей их применения. Показана возможность использования при отделке зданий агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, искусственный камень, оселковый камень, литьевой камень, формовой камень, гибкий камень.

Stefan Stanko, A. V. Erofeev, Mikhaylov V.A.
(Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava,);
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

THE USE OF ARTIFICIAL STONE FOR THE DECORATION OF AGRICULTURAL BUILDINGS.

Abstract. Classification of types of artificial stone, technologies for their production and possible areas of their application. The possibility of using the agro-industrial complex for decoration of buildings is shown.

Keywords: agro-industrial complex, artificial stone, donkey stone, cast stone, molded stone, flexible stone.

С каждым годом растут объемы строительства агропромышленного комплекса. Агропромышленный комплекс (АПК) – совокупность отраслей экономики страны, включающая сельское хозяйство и отрасли промышленности, тесно связанные с сельскохозяйственным производством, осуществляющие перевозку, хранение, переработку сельскохозяйственной продукции. Условно все здания агропромышленного комплекса можно разделить на несколько групп: общие помещения; закрытые склады; ремонтные и тарные помещения; здания строительной отрасли; здания сельскохозяйственногои мясомолочного производства; зерноперерабатывающие и хлебоприемные предприятия; административные здания. Административные здания в агропромышленном комплексе занимают значительное место и к их внешнему виду предъявляется особые требования, по сравнению с другими зданиями агропромышленного комплекса. В настоящее время как внутренняя отделка, так и наружная облицовка зданий, является достаточно трудоемкой и финансово затратным мероприятием. Одним из приемлемых вариантов как с эстетической, так и с финансовой точки зрения, является облицовка искусственным камнем.

В настоящее время известно огромное количество видов искусственного камня, которые можно разделить на четыре основные группы: оселковый, литьевой, формовой и гибкий.

Оселковый камень (рис. 1) представляет собой окрашенную гипсовую массу, затворенную клеевой водой, нанесенную на основание и доведенную до зеркального глянца путем шлифовки и полировки. Облицовка таким искусственным камнем может быть в виде сплошных бесшовных покрытий или в виде отдельных плит. При этом рисунок, не повторяется и является полностью бесшовным. Так же для украшения интерьеров зданий изготавливаются малые архитектурные формы из гипса. Таким образом, исходными компонентами для производства оселкового камня является гипс марки Г16, клеевая вода, различные сухие или жидкие колеры, в зависимости от требуемого цветового решения, и лак для финальной обработки [1].

Рис. 1. Оселковый камень

Литьевой камень – композитный материал, основу которого составляют отвержденная полиэфирная смола и минеральный наполнитель. Наполнителем может быть крошка из мрамора, кварцевого песка и гальки (рис. 2). В зависимости от того, какие смолы и наполнители выбраны, материал может быть выполнен как имитация натурального мрамора, яшмы, гранита, малахита, оникса. Таким образом, исходными компонентами для производства литьевого камня является полиэфирная смола ПН-12, отвердитель, ускоритель и наполнители, в зависимости от требуемого внешнего вида (мраморная крошка, гранитная крошка и т.д).

Рис. 2. Литьевой камень

Формовой камень, по сути, представляет бетонную смесь, затворенную в специальных формах, с последующей обработкой для придания готовому изделию требуемого внешнего вида [2]. Может имитировать разные материалы, такие как бронза, дерево и др. (рис. 3). Исходными компонентами для производства формового является цемент марки М500, вода, сухие порошкообразные колеры и лак для финальной обработки.

Рис. 3. Формовой камень

Гибкий камень представляет собой подготовленную основу, на которую вручную наносится песчаная или мраморная крошка, которая пропитывается клеящим составом. Оптимальным составом для производства гибкого камня является стеклохолст марки Os 50 (подложка) и полиэфирная смола Polimal 109-32 РуК (компаунд). В качестве материала декоративного слоя возможно использовать как мраморную, так и гранитную крошку, а также возможно использовать песок (оптимальной фракции для декоративного заполнителя является фракция 0…3 мм).

На основе вышеизложенного можно сделать вывод о том, что из-за своего разнообразия искусственный камень отлично подходит к отделке интерьеров и экстерьеров. Оселковый камень и литьевой можно использовать при украшении фасадов и интерьеров малыми архитектурными формами. Формовой и гибкий отлично подойдет для облицовки фасадов или внутренней отделки.

Список использованных источников

1. Фомичева, Т. Н. Химия и технология пигментов. Кристалличность неорганических пигментов : текст лекций / Т. Н. Фомичева. – М. : РХТУ, 1981. – 32 с.

2. Брыков, А. С. Гидратация портландцемента : учебное пособие / А. С. Брыков. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2008. – 30 с.

References

1. Fomicheva, T. N. Himiya i tekhnologiya pigmentov. Kristallichnost' neorganicheskih pigmentov : Tekst lekcij / N. Fomicheva. – M. : RHTU, 1981. – 32 s.

2. Brykov, A. S. Gidrataciya portlandcementa : Uchebnoe posobie / A. S. Brykov. – Sankt-Peterburg : SPbGTI(TU), 2008. – 30 s.

УДК 66.011

А. Д. Нахман, Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, И. А. Елизаров
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Высшая математика», кафедра «Механика и инженерная графика», Тамбов, Россия, e-mail: vacuum2008@yandex.ru)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Описана математическая модель процессов экстрагирования растительного материала. Установлено, что модель представляет собой частный случай некоторой универсальной модели, описываемой в терминах обобщенного оператора Лапласа. Решением соответствующей краевой задачи является семейство экспоненциальных средних ряда Фурье, порожденного непрерывной периодической функцией. Приведена теорема сходимости.

Ключевые слова: экспоненциальные средние рядов Фурье, экстрагирование растительного материала, диффузионное извлечение.

A. D. Nakhman, Yu. V. Rodionov, D. V. Nikitin, I. A. Elizarov
(Tambov State Technical University, Department of Higher Mathematics Department of Mechanics and Engineering Graphics, Tambov, Russia)

MATHEMATICAL MODELING OF THE EXTRACTION PROCESS OF PLANT MATERIALS

Abstract. A mathematical model of the processes of extracting plant material is described. It is established that the model is a special case of a certain universal model described in terms of the generalized Laplace operator. The solution to the corresponding boundary value problem is a family of exponential means of the Fourier series generated by a continuous periodic function. A convergence theorem is given.

Keywords: exponential means of Fourier series, extraction of plant material, diffusion’s extraction.

Математическая модель называется универсальной, если она может быть применена к объектам (системам) принципиально различной природы, подчиняющимся разным фундаментальным законам. Свойство универсальности объясняется, с одной стороны, как единством проявления физических свойств окружающего мира, так и абстрактностью математических теорий, их отвлеченностью от объекта исследования с другой стороны. Общая теория математических моделей, и в частности, концепция универсальности представлена в [1].

В настоящей работе утверждается, что семейство так называемых экспоненциальных средних ряда Фурье периодической функции в частных случаях порождает универсальную математическую модель процессов тепломассопереноса (теплопроводность в конечном стержне, процесс диффузии в конечной полой трубке, стационарное распределение тепла в полуплоскости), см. напр., [2], с. 145 – 151, 216 – 220. Понятие начального условия в вышеуказанных нестационарных процессах и понятие граничного условия в обобщенной задаче Дирихле уточняется в терминах сходимости средних. Общая теория экспоненциальных средних представлена в [3], [4].

Постановка задачи. Рассмотрим, прежде всего, задачу диффузии в изотропном и однородном стержне конечной длины:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = a^2 \cdot \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \tag{1}$$

$$U(0,t) = U(\pi,t) = 0, \tag{2}$$

$$U(x,0) = f(x)\,. \tag{3}$$

Здесь $U = U(x,t)$ – концентрация вещества в точке стержня с абсциссой x в момент времени t; $a^2 = D/c$ в предположении, что коэффициент диффузии D и коэффициент пористости c постоянны; без ограничения общности длину стержня выбираем равной π и краевые условия в (2) – нулевыми. Функцию $f = f(x)$ мы в общем случае предполагаем 2π-периодической и интегрируемой по Лебегу на $(-\pi, \pi]$; в контексте задачи (1) – (3) $f(x)$ – нечетна и представляет собой начальное распределение концентрации вещества в точках стержня.

Решение задачи (1) – (3) методом Фурье (см., напр., [5], С. 90 – 94) приводит к рассмотрению суммы ряда

$$U(f) = U(f,x;t) = \sum_{k=1}^{\infty} \exp(-ta^2k^2) b_k(f) \sin kx\,, \tag{4}$$

где $\{b_k(f)\}$ – последовательность синус-коэффициентов Фурье функции f

$$b_k(f) = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi} f(t)\sin kt\,dt\ , \quad k = 1, 2, \ldots.$$

Задача (1) – (3) возникает также при математическом моделировании процесса диффузии вещества в полой прямой трубке длины π. В этом случае $U(f, x; t)$ есть концентрация диффундирующего вещества в точке x (во всех точках поперечного сечения с абсциссой x) в момент времени t; для определенности, считаем, что на концах трубки концентрация вещества нулевая, а ее распределение в начальный момент времени задано функцией $f(x)$. Теперь сумма ряда (4) является также решением задачи диффузии.

Рассмотрим, наконец, задачу о нахождении стационарного распределения концентрации вещества $U = U(x, y)$ в точках (x, y), $y > 0$ полуплоскости с заданной на границе $y = 0$ концентрации вещества $f = f(x)$, известную как задачу Дирихле в полуплоскости (см., напр., [5], С. 150 – 152)

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = 0, \tag{5}$$

$$U(f, x; 0) = f(x). \tag{6}$$

Ее решением является сумма ряда

$$U(f) = U(f, x; y) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \exp(-y\,|\,k\,|)c_k(f)\exp(ikx),\ h > 0\,, \tag{7}$$

где $\{c_k(f)\}$ есть последовательность комплексных коэффициентов Фурье

$$c_k(f) = \frac{2}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(t)\exp(-ikt)\,dt, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots.$$

Таким образом, универсальной математической моделью вышерассмотренных процессов является семейство операторов вида $f \mapsto U_h(f)$, где

$$U_h(f) = U(f, x; \alpha; h) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \exp(-h\,|\,k\,|^{\alpha})c_k(f)\exp(ikx)\,,$$

$$h > 0\,,\ \alpha > 0. \tag{8}$$

Случай $\alpha = 1$ порождает решение (7) задачи (5) – (6), а случай $\alpha = 2$ – решение (4) задачи (1) – (3).

Одним из примеров изучаемой универсальной модели служит математическая модель процесса экстрагирования (процесс диффузионного извлечения) растительного материала (впрочем, моделирование может быть распространено на случай любого капиллярно-пористого материала, в том числе и на ряд биполимеров) [6].

Если на внешних поверхностях поддерживается одинаковая постоянная концентрация U_0, а начальная концентрация вещества $f(x) = C_0$, $C_0 < V_0$, то имеем задачу

$$\frac{\partial V}{\partial t} = a^2 \cdot \frac{\partial^2 V}{\partial x^2},$$

$$V(0,t) = V(\pi,t) = 0,$$

$$V(x,0) = C_0 - U_0,$$

где $V(x,t) = U(x,t) - U_0$.

Согласно (4), концентрация вещества в каждой точке x в каждый момент времени t тогда определится в виде

$$U(x;t) = U_0 + \frac{4(C_0 - U_0)}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \exp(-ta^2(2n-1)^2) \frac{\sin(2n-1)x}{2n-1}.$$

Приведенный частный случай использования универсальной модели для процесса демонстрирует эффективность экспоненциальных средних рядов Фурье как аналитического аппарата исследования процесса диффузионного извлечения.

Формальная подстановка $h = 0$ в (8) приводит к рассмотрению ряда Фурье, который в общем случае может быть расходящимся (расходимость в конкретных точках или даже всюду). В этой связи следует уточнить, каким образом будем понимать условие $U(f, x; \alpha; 0) = f(x)$, и, в частности, условия (3) и (6). Наиболее естественным здесь является рассмотрение в качестве $U(f, x; \alpha; 0)$ предела вида

$$\lim_{h \to +0} U(f, x; \alpha; h).$$

Таким образом, возникает следующая серия задач: изучить поведение $U(f,x;\alpha;h)$ при $h \to +0$:

1) в каждой ее точке непрерывности;

2) в любой точке x_0 разрыва первого рода.

Основные результаты. Пусть $f = f(x)$ – произвольная 2π-периодическая функция из пространства $L_{2\pi}^{p}$ всех суммируемых с *p*-й степенью на $[-\pi,\pi]$ функций ($p \geq 1$, $L_{2\pi} = L_{2\pi}^{1}$).

Пусть также $C_{2\pi}$ – пространство 2-π периодических непрерывных функций с нормой

$$\| f \|_{C_{2\pi}} = \max_{x\in[-\pi,\pi]} | f(x) |.$$

Теорема. 1) Соотношение

$$\lim_{h\to+0} U(f,x;\alpha;h) = f(x)$$

имеет место в каждой точке непрерывности *x* функции f и равномерно по *x* для всякой непрерывной 2π-периодической $f(x)$.

2) Пусть в точке *x* существуют и конечны оба односторонних предела $f(x-0)$ и $f(x+0)$. Тогда при каждом $\alpha > 0$ имеет место соотношение

$$\lim_{h\to+0} U(f,\, x;\, \alpha;\, h) = \frac{f(x-0)+f(x+0)}{2}.$$

Приложение к решению обобщенной задачи Дирихле. Результаты теоремы могут быть применены к решению следующей обобщенной задачи Дирихле в полуплоскости $(x,h),\ h>0$. Пусть

$$\Delta_\alpha U = i^{2-2\alpha}\ \frac{\partial^{2\alpha} U}{\partial x^{2\alpha}} + \frac{\partial^2 U}{\partial h^2},\ \ \alpha > 0 -$$

обобщенный оператор Лапласа; здесь дифференцирование по *x* есть соответствующее дробное дифференцирование. Требуется найти решение $U = U(x;h)$ краевой задачи

$$\Delta_\alpha U = 0,\ U|_\Gamma = l, \tag{9}$$

где Γ – граница $h = 0$ полуплоскости. Краевое условие в (9) понимаем следующим образом:

$$\lim_{h\to+0} U(x;h) = l(x),$$

при этом для заданной 2π-периодической суммируемой функции $f = f(x)$

$$l(x) = l(f, x) = f(x),$$

если x – ее точка непрерывности, и

$$l(f, x) = \frac{f(x-0) + f(x+0)}{2},$$

если x – точка разрыва первого рода.

Как легко проверить, уравнению $\Delta_\alpha U = 0$ удовлетворяет сумма $U(x;h) = U(f, x; \alpha; h)$ ряда (8).

Список использованных источников

1. Бордовский, Г. А. Физические основы математического моделирования / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Д. Чоудери. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 320 с.

2. Арамонович, И. Г. Уравнения математической физики / И. Г. Арамонович, В. И. Левин. – М. : Наука, 1969. – 287 с.

3. Nakhman, A. D. Semigroups of bounded transforms of weighted Lebesgue spaces / A. D. Nakhman, B. P. Osilenker // International Journal Of Applied And Fundamental Research. – 2016. – № 5. – URL : www. science-sd.com/467-25072 (17.08.2016).

4. Nakhman, A. D. Regular semi-continuous methods of summation of Fourier series / A. D. Nakhman, B. P. Osilenker // Вестник ТГТУ (Transactions TSTU). – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 135 – 148.

5. Куликов, Г. М. Метод Фурье в уравнениях математической физики / Г. М. Куликов, А. Д. Нахман. – М. : Машиностроение, 2000. – 156 с.

6. Универсальная экстрактно-выпарная установка растительного сырья / А. А. Гуськов и др. // Наука в центральной России. – 2017. – № 2(26). – С. 32 – 41.

References

1. Bordovskij G. A., Kondrat'ev A. S., CHouderi A. D. Fizicheskie osnovy matematicheskogo modelirovaniya. – M. : Izdatel'skij centr Akademiya, 2005. – 320 s.

2. Aramonovich I. G., Levin V. I. Uravneniya matematicheskoj fiziki. – M. : Nauka, 1969. – 287 s.

3. Nakhman A. D., Osilenker B. P. Semigroups of bounded transforms of weighted Lebesgue spaces. International Journal Of Applied And Fundamental Research. – 2016. № 5. –URL : www.science-sd.com/467-25072 (17.08.2016).

4. Nakhman A. D., Osilenker B. P. Regular semi-continuous methods of summation of Fourier series. Vestnik TGTU (Transactions TSTU). – 2017. – V. 23, № 1. – C. 135 – 148.

5. Kulikov, G. M., Nahman A. D. Metod Fur'e v uravneniyah matematicheskoj fiziki. – M. : Mashinostroenie, 2000. – 156 s.

6. Universal'naya ekstraktno-vyparnaya ustanovka rastitel'nogo syr'ya / A. A. Gus'kov i dr. // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. – № 2(26). – S. 32 – 41.

УДК 621.373.826

Д. В. Никитин, С. Н. Аникин
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный
технический университет»,
кафедра «Механика и инженерная графика»,
Тамбов, Россия, e-mail: vacuum2008@yandex.ru

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ГАЛЬВАНОМЕТРИЧЕСКИЙ СКАНАТОР ДЛЯ ЗАДАЧ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ В АПК

Аннотация. Предложена конструкция универсального гальванометрического сканатора, характеризующегося увеличенным диапазоном сканирования и возможностью использования различных источников лазера.

Ключевые слова: лазерные технологии, гальванометрический сканатор, универсальность применения.

D. V. Nikitin, S. N. Anikin
(Tambov State Technical University,
Department of Mechanics and Engineering Graphics, Tambov, Russia)

UNIVERSAL GALVANOMETRIC SCANNER

Abstract. The design of a universal galvanometric scanner is proposed, characterized by an increased scanning range and the possibility of using various laser sources.

Keywords: laser technologies, galvanometric scanner, versatility of application.

Лазерная обработка различных материалов с использованием гальванометрических сканирующих систем является неотъемлемой частью будущего производства в различных отраслях промышленности (сельскохозяйственное машиностроение, робототехника, электроэнергетика, медицина и др.), поскольку они позволяют заменять традиционные механические процессы (сварка, резка, гравировка, сверление, текстурирование и маркировка) их лазерными аналогами [1, 2].

Рынок лазеров и лазерных технологий неуклонно демонстрирует значительный рост. Продажи лазеров за десятилетие удвоились, достигнув в 2018 году 13,76 млрд долл. Объем продаж лазеров в 2019 году ожидался на уровне 14,6 млрд долл. Наибольший скачок продаж был в 2016/2017 годах – с 10,75 до 13,07 млрд долл (прогнозы StrategiesUnlimited) [3,4]. Ожидается, что мировой рынок лазерных технологий к 2023 году вырастет примерно на 18 миллиардов долларов со среднегодовым темпом роста примерно на 6% в течение прогнозируемого периода 2017 – 2023 годов (по данным https://www.marketresearchfuture.com/).

При этом, существующие конструкции гальванометрических сканаторов имеют ряд недостатков. Это конструктивное расположение F-тета объективов, которое существенно снижает диапазон площади обрабатываемой поверхности и соответственно, область применения устройства. В ряде моделей для нанесения маркировки на различных расстояниях необходимо проводить замену объектива с последующей корректировкой фокусного расстояния. Большинство гальванометрических сканаторов могут использоваться только для конкретного источника лазера. И наконец, двухпозиционная система сканирования характеризуется низкой скоростью обработки вследствие инертности каретки (разгон и остановка), непостоянством мощности луча, в зависимости от положения каретки, а также продолжительной юстировкой зеркал.

Для устранения указанных недостатков предлагается конструкция универсального гальванометрического сканатора (рис. 1), характеризующегося увеличенным диапазоном сканирования (обрабатываемой площади поверхности) и возможностью использования различных источников лазера (CO2, диодный, волоконный).

В предлагаемом устройстве осуществляется динамическое регулирование фокусного расстояния, что позволяет расширить диапазон площади обрабатываемой поверхности, обеспечить регулировку необходимой мощности луча, а также использовать устройство для различных источников лазера (CO2, диодный, волоконный).

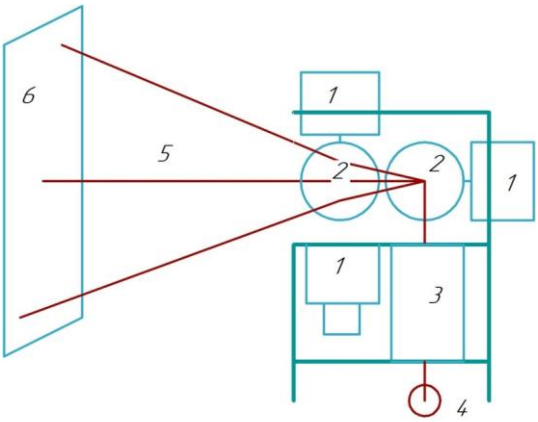


Рис. 1. Принципиальная схема универсального гальванометрического сканатора:
1 – шаговые моторы; *2* – зеркала; *3* – оптический блок;
4 – источник лазерного луча; *5* – лазер; *6* – поверхность гравировки

Использование полярной системы координат позволяет избавиться от необходимости использования двухпозиционной каретки (характеризующуюся высокой инерционностью), что значительно упрощает общую конструкцию устройства и увеличивает скорость обработки поверхности.

Список использованных источников

1. Вершинин, М. Н. Лазерные технологии в сельском хозяйстве / М. Н. Вершинин, С. И. Юран // Научные инновации в развитии отраслей АПК : сб. материалов Международной научно-практической конференции : в 3-х т. – 2020. – С. 101 – 105.

2. Князева, Н. Ю. Использование лазерных технологий при изготовлении деталей в машиностроении / Н. Ю. Князева, Н. Р. Назаров, Н. В. Аринушкина // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : сб. материалов Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 728 – 733.

3. Тенденции развития лазерных технологий на мировом рынке / Э. А. Желованова и др. // Актуальные аспекты модернизации российской экономики : сборник научных трудов по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2019. – С. 196 – 200.

4. Скибенко, С. И. Анализ рынка лазерных технологий в России / С. И. Скибенко, С. В. Исаенко // Наука и современность : материалы Региональной научно-практической конференции. – 2019. – С. 107 – 109.

References

1. Vershinin, M. N. Lazernyetekhnologii v sel'skom hozyajstve / M. N. Vershinin, S. I. YUran // V sbornike: Nauchnye innovacii v razvitii otraslej APK : Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii.V 3-h tomah. – 2020. – S. 101 – 105.

2. Knyazeva, N. Yu. Ispol'zovanie lazernyh tekhnologij pri izgotovlenii detalej v mashinostroenii / N. Yu. Knyazeva, N. R. Nazarov, N. V. Arinushkina // V sbornike: Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy : Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – 2019. – S. 728 – 733.

3. Tendencii razvitiya lazernyh tekhnologij na mirovom rynke / E. A. Zhelovanova i dr. // V sbornike: Aktual'nye aspekty modernizacii rossijskoj ekonomiki : Sbornik nauchnyh trudov po materialam VI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. – 2019. – S. 196 – 200.

4. Skibenko, S. I. Analiz rynka lazernyh tekhnologij v Rossii / S. I. Skibenko, S. V. Isaenko // Nauka i sovremennost : Materialy Regional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii. – 2019. – S. 107 – 109.

УДК 621.516

Д. В. Никитин, Д. А. Матвеев, Ю. В. Родионов, В. Н. Назаров
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный
технический университет»,
кафедра «Механика и инженерная графика»,
кафедра «Информационные процессы и управление», Тамбов, Россия,
e-mail: vacuum2008@yandex.ru, ipu@mail.ahp.tstu.ru)

ВАКУУМНОЕ ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ В РЕЖИМЕ ПЛОТНОГО ЗАТОРМОЖЕННОГО СЛОЯ

Аннотация. Предложена схема вакуумного транспортирования сухого растительного сырья в режиме плотного заторможенного слоя. Рассмотрено основное проектируемое оборудование.

Ключевые слова: вакуумное транспортирование, растительное сырье, схема, оборудование.

D. V. Nikitin, D. A. Matveev, Yu. V. Rodionov, V. N. Nazarov
(Tambov State Technical University,
Department of Mechanics and Engineering Graphics,
Department of Information Processes and Control, Tambov, Russia)

VACUUM TRANSPORTATION IN THE MODE OF A DENSE HINDERED LAYER

Abstract. The scheme of vacuum transportation of dry plant materials in the regime of a dense inhibited layer is proposed. The main projected equipment is considered.
Keywords: vacuum transportation, vegetable raw materials, scheme, equipment.

Увеличение производства сухих сыпучих растительных материалов в АПК неразрывно связано с совершенствованием и созданием новых средств, предназначенных для их транспортирования. Современные транспортные средства с высокой степенью надежности должны обеспечивать доставку сыпучих материалов в конкретные технологические процессы для последующей переработки. Наряду с развитием традиционных видов транспорта сыпучих материалов, в последнее время большое распространение получают установки вакуумного транспортирования (ВТ). Ежегодно в мире с помощью ВТ перемещаются много видов сухих сыпучих растительных материалов: зерновые и зернобобовые культуры, мука, крупы, сахар и пр. За многолетнюю историю развития вакуумный транспорт получил широкое применение во многих отраслях промышленности, народного и сельского хозяйства.

Одним из основных недостатков ВТ является высокий удельный расход электроэнергии на единицу массы перемещаемого материала, который в настоящее время превышает расход энергии большинства механических транспортных установок в 5 – 14 раз. Основной причиной высокого уровня расхода электроэнергии является то, что вакуумный транспорт функционируют в режимах, существенно отличающихся от расчетных. В процессе вакуумного транспортирования возникают проблемы движения материала на неустановившихся режимах, которые требуют тщательного теоретического и экспериментального изучения.

В работе [1] представлена принципиальная схема вакуумного транспортирования сыпучих растительных материалов. Основным проектируемым оборудованием для указанной схемы является: оборудование для забора сухого сыпучего растительного материала (питатель, дозатор, заборное сопло); транспортный и воздушный трубопроводы; оборудование для аспирации: циклон-разгрузитель, пылеуловитель, пылесборник, фильтр; вакуумный насос.

Для организации непрерывного поточного транспортирования сыпучего растительного материала оборудование для основных и вспомо-

гательных процессов должно быть спроектировано и отлажено таким образом, чтобы движение материала по транспортному трубопроводу осуществлялось в режиме сплошного слоя. Одновременно важным фактором является внедрение элементов, позволяющих затормаживать поток. Такая организация транспортирования характеризуется минимальными удельными энергозатратами и снижением материалоемкости.

Для забора сухого сыпучего растительного материала используем питатель-дозатор [2], характеризующийся следующими параметрами: непрерывность подачи материала, регулируемый диапазон производительности, минимальная травмируемость материала. Транспортные трубопроводы должны иметь внутреннюю поверхность с минимальной шероховатостью и устойчивостью к истиранию. Циклон-разгрузитель должен выделять из аэросмеси сухой сыпучий растительный материал с рассчитанной производительностью, скоростью материала и эффективностью не менее 99%. Наиболее полно этим критериям отвечают центробежные циклоны-разгрузители. В качестве вакуум-создающей машины необходимо использовать жидкостнокольцевой вакуум-насос с автоматическим регулируемым нагнетательным окном, который позволяет эффективно использовать вакуум для перемещения сухих сыпучих растительных материалов [3].

На сегодняшний день вакуумный транспорт, как процесс, продолжает динамично развиваться и использоваться в различных отраслях промышленности, народного и сельского хозяйства. Это объясняется лучшими показателями экологической чистоты процесса, простоты технологических схем, малогабаритности, непрерывности транспортирования и возможности доставки материала по сложной траектории.

Список использованных источников

1. Особенности расчета технологии вакуумного транспортирования сухих сыпучих растительных материалов в режиме сплошного слоя / Ю. В. Родионов и др. // Наука в центральной России. – 2016. – № 6 (24). – С. 54 – 65.

2. Пат. 2669255 Российская Федерация, МПК B65G 53/50. Пневмовакуумное вибрационное загрузочное устройство непрерывного действия / Анохин С. А., Никитин Д. В., Першин В. Ф., Платицин П. С., Родионов Ю. В., Родионов Ю. Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Тамб. гос. техн ун-т. – № 2017143503; заявл. 13.12.2017; опубл. 09.10.2018, Бюл. № 28. – 9 с.

3. Пат. 2303166 Российская Федерация, МПК F04C 15/00. Жидкостно-кольцевая машина с автоматическим регулированием проходного сечения нагнетательного окна / Волков А. В., Воробьев Ю. В., Никитин Д. В., Попов В. В., Родионов Ю. В., Свиридов М. М.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Тамб. гос. техн ун-т. – № 20051 16616/06; заявл. 31.05.2005; опубл. 20.07.2007, Бюл. № 20. – 6 с.

References

1. Osobennosti rascheta tekhnologii vakuumnogo transportirovaniya suhih sypuchih rastitel'nyh materialov v rezhime sploshnogo sloya / Rodionov Yu. V. i dr. // Nauka v central'noj Rossii. – 2016. – № 6 (24). – S. 54 – 65.

2. Pat. 2669255 Rossijskaya Federaciya, MPK B65G 53/50. Pnevmovakuumnoe vibracionnoe zagruzochnoe ustrojstvo nepreryvnogo dejstviya / Anohin S. A., Nikitin D. V., Pershin V. F., Platicin P. S., Rodionov Yu. V., Rodionov Yu. Yu.; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO Tamb. gos. tekhn un-t. – № 2017143503; zayavl. 13.12.2017; opubl. 09.10.2018, Byul. № 28. – 9 s.

3. Pat. 2303166 Rossijskaya Federaciya, MPK F04C 15/00. Zhidkostno-kol'cevaya mashina s avtomaticheskim regulirovaniem prohodnogo secheniya nagnetatel'nogo okna / Volkov A. V., Vorob'ev Yu. V., Nikitin D. V., Popov V. V., Rodionov Yu. V., Sviridov M. M.; zayavitel' i patentoobladatel' GOU VPO Tamb. gos. tekhn un-t. – № 2005116616/06; zayavl. 31.05.2005; opubl. 20.07.2007, Byul. № 20. – 6 s.

УДК 621.516

Д. В. Никитин, Ю. В. Родионов, А. В. Дьяченко, В. В. Крылов
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Механика и инженерная графика», Тамбов, Россия, e-mail: vacuum2008@yandex.ru)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКОСТНОКОЛЬЦЕВЫХ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ В ПРОЦЕССАХ АПК

Аннотация. Рассмотрены научно-технические разработки ФГБОУ ВО «ТГТУ» на базе жидкостнокольцевых вакуумных насосов для технологических процессов АПК.

Ключевые слова: жидкостнокольцевой вакуумный насос, сушка, экстрагирование, вакуумное транспортирование.

D. V. Nikitin, Yu. V. Rodionov, A. V. Dyachenko, V. V. Krylov
(Tambov State Technical University, Department of Mechanics and Engineering Graphics, Tambov, Russia)

USE OF LIQUID RING VACUUM PUMPS IN AGRO-INDUSTRIAL PROCESSES

Abstract. Scientific and technical developments of TSTU based on liquid ring vacuum pumps for technological processes of agro-industrial complex are considered.

Keywords: liquid ring vacuum pump, drying, extraction, vacuum transportation.

Применение жидкостнокольцевых вакуумных насосов (ЖВН) для интенсификации и повышения эффективности технологических процессов АПК с каждым годом получает все более широкое распространение.

На базе ТГТУ разработаны новые конструкции ЖВН [1]. Отличительной особенностью разработанных конструкций являются регулируемые параметры многофакторного влияния (площадь проходного сечения нагнетательного окна, эксцентриситет, объем рабочей полости, оптимальное соотношение окружных скоростей, последовательное включение ступеней), позволяющие унифицировать типоразмеры насосов с точки зрения получения различного остаточного давления и производительности с минимальными энергозатратами на всем диапазоне заданного вакуума.

В процессах сушки и экстрагирования растительного сырья, создаваемый ЖВН вакуум позволяет сохранить исходные биологические активные вещества за счет ведения технологического процесса при низких температурах кипения. По существу, в указанных процессах приходится решать проблему сохранения исходных характеристик сельскохозяйственного сырья: запаха, цвета, витаминного состава, пищевой и питательной ценности.

С использованием двухступенчатого ЖВН разработана, испытана и апробирована комбинированная вакуум-импульсная сушилка растительного сырья, позволяющая осуществлять низкотемпературную сушку смаксимальным сохранением питательных и биологически активных веществ исходного сырья [2]. При этом, на процесс сушки затрачивается меньшее количество электроэнергии (в сравнении с типовыми конструкциями сушилок), снижается время сушки, достигается минимальная влажность конечного продукта (до 6%).

В связи с ростом популярности здорового образа жизни, индивидуализации рациона повышается спрос на функциональное и персонализированное питание. Поэтому функциональные продукты питания, в том числе с уникальными полезными свойствами, включены в список наиболее перспективных направлений научно-технологического развития АПК, связанных с формированием новых высокотехнологичных рынков.

Разработана и апробирована конструкция универсальной вакуумной экстрактно-выпарной установки на базе ЖВН, позволяющей получать концентраты и экстракты, используемые в продуктах функционального и профилактического назначения [3]. Универсальная вакуумная экстрактно-выпарная установка характеризуется: максимальным извлечением полезных компонентов за счет применения вакуум-импульсного экстрагирования и щадящих температурных режимов; универсальностью использования (получение жидких, пастообразных и сухих компонентов); высокой производительностью.

Глобальным вызовом в развитии мирового АПК являются масштабные потери агропродукции на различных технологических этапах (сбор урожая, транспортировка, первичная обработка и хранение). Причина такого явления заключается в несовершенстве технологий (часто просто устаревших и неэффективных), а также недоступности дорогостоящей современной техники.

Разработана установка транспортировки сыпучих растительных материалов на базе ЖВН с автоматическим регулированием нагнетательного окна [4]. Перемещение растительного сырья в условиях вакуума позволяет снизить травмируемость материала, повысить требования безопасности при перемещении мелкодисперсных частиц и увеличить производительность.

Для создания эффективных ЖВН, характеризующихся минимальными энергетическими затратами, надежностью, высокими эксплуатационно-техническими показателями и универсальностью использования, необходимо исследование их рабочего процесса при изменении режимных и конструктивных параметров, введение в ЖВН таких конструктивных изменений, которые бы позволили получить наилучшие показатели по действительной быстроте действия, энергоемкости, затратам ДПРЖ и эффективной мощности.

В заключении следует отметить: использование принципов, увеличивающих эффективность работы ЖВН, приведет к созданию нового класса вакуумных насосов, обладающих высокими эксплуатационно-техническими показателями и универсальностью использования с точки зрения достигаемой глубины вакуума.

Список использованных источников

1. Novel construction of liquid ring vacuum pumps / Yu. V. Rodionov, Yu. T. Selivanov, D. V. Nikitin et al. // Chemical and Petroleum Engineering. – 2019. – Т. 55, № 5-6. – С. 473 – 479.

2. Повышение энергоэффективности двухступенчатой КВИС растительного сырья / А. А. Щегольков и др. // Сушка, хранение и переработка продукции растениеводства : сборник научных трудов Международного научно-технического семинара, посвященного 175-летию со дня рождения К. А. Тимирязева. – 2018. – С. 181 – 185.

3. Универсальная экстрактно-выпарная установка растительного сырья / Гуськов А. А. и др. // Наука в центральной России. – 2017. – № 2(26). – С. 32 – 41.

4. Особенности расчета технологии вакуумного транспортирования сухих сыпучих растительных материалов в режиме сплошного слоя / Ю. В. Родионов и др. // Наука в центральной России. – 2016. – № 6(24). – С. 54 – 65.

References

1. Novel construction of liquid ring vacuum pumps / Yu. V. Rodionov, Yu. T. Selivanov, D. V. Nikitin et al. // Chemical and Petroleum Engineering. – 2019. – T. 55, № 5-6. – C. 473 – 479.

2. Povyshenie energoeffektivnosti dvuhstupenchatoj KVIS rastitel'nogo syr'ya / A. A. Shchegol'kov i dr. // V sbornike: Sushka, hranenie i pererabotka produkciirastenievodstva. Sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo seminara, posvyashchyonnogo 175-letiyu so dnyarozhdeniya K. A. Timiryazeva. – 2018. – S. 181 – 185.

3. Universal'naya ekstraktno-vyparnaya ustanovka rastitel'nogo syr'ya / Gus'kov A. A. i dr. // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. – № 2(26). – S. 32 – 41.

4. Osobennosti rascheta tekhnologii vakuumnogo transportirovaniya suhih sypuchih rastitel'nyh materialov v rezhime sploshnogo sloya / Rodionov Yu. V. i dr. // Nauka v central'nojRossii. – 2016. – № 6(24). – S. 54 – 65.

УДК 004

С. А. Никитин, В. А. Немтинов
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный
технический университет»,
кафедра «Компьютерно-интегрированные системы
в машиностроении», ФГБОУ ВО «ТГТУ»,
Тамбов, Россия, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

КОНСТРУКТОРСКАЯ РАЗРАБОТКА РОТОРНОЙ КОСИЛКИ

Аннотация. Для облегчения работы в крестьянско-фермерском хозяйстве разрабатывается парк навесных агрегатов. Изготовлен многофункциональный погрузчик сельскохозяйственного назначения на платформе МТЗ-82. В данной работе рассмотрены вопросы конструкторской разработки и изготовления съемной роторной косилки, которая устанавливается на данный погрузчик в передней части трактора. Данная конструкция улучшает маневренность и дает возможность покоса в более затрудненных местах.

Ключевые слова: роторная косилка, фронтальный погрузчик, анализ технологических решений, навесное оборудование, быстросъемные агрегаты, информационные технологии.

S. A. Nikitin, V. A. Nemtinov
(Tambov State Technical University, Department of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering, Tambov, Russia)

DESIGN DEVELOPMENT OF A ROTARY MOWER

Abstract. A fleet of mounted units is being developed to facilitate work in the peasant farm. A multi-functional agricultural loader was manufactured on the MTZ-82 platform. This paper discusses the design and manufacture of a removable rotary mower, which is installed on this loader in the front of the tractor. This design improves maneuverability and makes it possible to mow in more difficult places.

Keywords: rotary mower, front loader, analysis of technological solutions, attachments, quick-release units, information technology.

Для осуществления работ по заготовке кормов в крестьянско-фермерском хозяйстве требуется косилка для сена. В настоящее время существует ряд косилок для колесных тракторов от разных производителей. Но во всем этом разнообразии не хватает такого, который отвечал бы всем требованиям крестьянско-фермерского хозяйства. Речь идет о невысокой стоимости и многофункциональности.

Анализ научных публикаций [1 – 5] показал, что каждый производитель изготавливает косилку, в основном устанавливаемую в задней части трактора, ее рабочей зоной является та часть, что выходит за габариты данной техники. В нашем случае будет изготавливаться косилка, устанавливаемая в передней части трактора на специальное навесное оборудование.

Данная конструкция дает большую маневренность, облегчает контроль за обрабатываемым участком и позволяет увеличить захват скашиваемой травы, установкой двух агрегатов (один спереди, второй сзади). Основным критерием было изготовление быстросъемного агрегата, который мог бы отсоединить механизатор без посторонней помощи. Еще одним из важных аспектов является приводной гидродвигатель, который дает большую маневренность данному агрегату тем, что отсутствуют карданные соединения.

Косилка состоит из: рамы; скользящих башмаков; режущего аппарата; полевых делителей; гидропривода.

Срезание травы осуществляется с помощью ножей, установленных на барабанах, вращающихся на встречу друг к другу. Ножи срезают траву, подхватывают ее и выносят из зоны резания, перемещая над режущим брусом.

Скошенная трава, ударяясь о щиты полевых делителей, меняет траекторию движения, укладывается в рядок между колес, осуществляя свободное прохождение трактора без замятия сена. Привод косилки осуществляется от гидравлики трактора при помощи гидромотора.

Режущий аппарат предназначен для скашивания травы. Он состоит из бруса, в котором установлены шестерни. Под днищем бруса установлены башмаки, которыми режущий аппарат опирается на землю.

На режущем аппарате имеются 4 барабана, каждый из которых снабжен тремя ножами, установленными на специальных креплениях, барабан установлен на валу на шлицевом соединении, затянут гайкой и законтрен шайбой.

Новые технологические решения производства роторной косилки воплощены на станках с ПУ, основные элементы кронштейнов крепления были нарезаны на станке гидроабразивной резки, а элементы кожуха, барабаны и ножи нарезаны на станке лазерной резки.

Проведена оценка основных показателей и характеристик опытного образца роторной косилки, которая показала, что ее использование по сравнению с аналогами увеличивает производительность на 30%.

Список использованных источников

1. Rationale construction of individual elements of technological complex / K. Nemtinov, A. Eruslanov, Yu. Nemtinova, V. Nemtinov. – MATEC Web of Conferences. – 2018. – 224. – 02036.

2. Nemtinov, V. A. On an approach to designing a decision making system for state environmental examination / V. A. Nemtinov, Yu. V. Nemtinova // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2005. – 44(3). – P. 389 – 398.

3. Mokrozub, V. G. An Approach to Smart Information Support of Decision-making in the Design of Chemical Equipment / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Chemical and petroleum engineering. – 2015. – 51(7-8). – P. 31 – 35.

4. Mokrozub, V. G. Procedural model for designing multiproduct chemical plants / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, A. V. Mokrozub // Chemical and Petroleum Engineering. – 2017. – 53(5-6). – P. 326 – 331.

5. Analysis of decision-making options in complex technical system design / V. A. Nemtinov, A. N. Zazulya, V. P. Kapustin, Yu. V. Nemtinova // Journal of Physics: Conf. Series. – 2019. – 1278(1). – 012018.

6. Немтинов, К. В. Технология автоматизированного синтеза сложных технологических комплексов / К. В. Немтинов, А. К. Ерусланов, В. А. Немтинов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2014. – С. 75 – 83.

7. Зимнухова, Ж. Е. О подходе к построению автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений для проектирования процессов производства изделий из металлов / Ж. Е. Зимнухова, В. А. Немтинов // Информационные технологии. – 2008. – 9. – С. 29 – 34.

References

1. Rationale construction of individual elements of technological complex / K. Nemtinov, A. Eruslanov, Yu. Nemtinova, V. Nemtinov. – MATEC Web of Conferences. – 2018. – 224. – 02036.

2. Nemtinov, V. A. On an approach to designing a decision making system for state environmental examination / V. A. Nemtinov, Yu. V. Nemtinova // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2005. – 44(3). – P. 389 – 398.

3. Mokrozub, V. G. An Approach to Smart Information Support of Decision-making in the Design of Chemical Equipment / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Chemical and petroleum engineering. – 2015. – 51(7-8). – P. 31 – 35.

4. Mokrozub, V. G. Procedural model for designing multiproduct chemical plants / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, A. V. Mokrozub // Chemical and Petroleum Engineering. – 2017. – 53(5-6). – P. 326 – 331.

5. Analysis of decision-making options in complex technical system design / V. A. Nemtinov, A. N. Zazulya, V. P. Kapustin, Yu. V. Nemtinova // Journal of Physics: Conf. Series. – 2019.

6. Nemtinov, K. V. Technology of automated synthesis of complex technological systems / K. V. Nemtinov, A. K. Eruslanov, V. A. Nemtinov // Information technologies in designing and manufacturing. – 2014. – № 1. – P. 75 – 83.

7. Zimnukhova, Zh. E. On the approach to the construction of an automated information system for decision support for the design of processes for the production of metal products / Zh. E. Zimnukhova, V. A. Nemtinov // Information technology. – 2008. – № 9. – P. 29 – 34.

УДК 631.354:33

В. Н. Ожерельев, В. В. Никитин

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет», кафедра «Технические системы в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве», Брянск, Россия, e-mail: vicoz@bk.ru, viktor.nike@yandex.ru)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В МЕХАНИЗАЦИИ УБОРКИ ЗЕРНА

Аннотация. Рассмотрено перспективное направление импортозамещения при уборке зерна. В частности, представлено техническое решение, обеспечивающее повышение производительности и снижение энергоемкости процесса при очесе растений на корню.

Ключевые слова: уборка, зерно, зерноуборочный комбайн, наклонная камера, сепарация, молотильное устройство.

V. N. Ozherelyev, V. V. Nikitin
(Bryansk State Agrarian University, Department of Technical Systems in Agribusiness, Environmental Management and Road Construction, Bryansk, Russia)

PROSPECTS FOR IMPORT SUBSTITUTION IN GRAIN HARVESTING MECHANIZATION

Abstract. The perspective direction of import substitution in grain harvesting is considered. In particular, a technical solution is presented that provides increased productivity and reduced energy consumption of the process when cutting plants on the root.

Keywords: cleaning, grain, combine harvester, inclined chamber, separation, threshing device.

Зерновое хозяйство является для России стратегически важной отраслью. По валовому производству этой важнейшей продовольственной группы страна занимает пятое место в мире (после Китая, США, Индии и Бразилии). При этом стоимость экспорта зерна превысила доходы от экспорта вооружения.

Жесткая конкуренция на мировом рынке неизбежно отражается на рентабельности производства зерна. В ряде случаев оно становится малодоходным и даже убыточным. Победить на рынке сложного сельскохозяйственного оборудования можно только благодаря инновациям. В результате, техника должна приобретать потребительские свойства, отсутствующие у конкурентов. В частности, это касается производительности и энергоемкости технологического процесса.

Одним из таких направлений является очес растений на корню [1]. Однако ввиду того, что очесанный зерновой ворох содержит до 80% свободного зерна, его поступление непосредственно в молотильную камеру вызывает чрезмерное дробление продукции (порядка 8%) рабочими органами молотилки, что препятствует широкому практическому использованию технологии очеса [2]. Таким образом, изыскание технических возможностей минимизации дробления свободного зерна рабочими органами молотилки (при очесе растений на корню) является актуальной научной задачей.

Уменьшить дробление свободного зерна при очесе можно за счет его предварительной сепарации в непосредственно наклонной камере комбайна [3, 4]. Для этого в ее днище *4* должны быть выполнены продолговатые отверстия, расположенные продольно по отношению к направлению движения скребков *3* плавающего транспортера *2* (рис. 1).

Для исключения забивания отверстий решетчатого днища компонентами очесанного зернового вороха, наклонная камера снабжена устройством для его очистки [5]. При этом верхняя кромка каждого отверстия имеет криволинейный продольный язычок, сориентированный в направлении, противоположном направлению движения скребка и расположенный ниже поверхности днища.

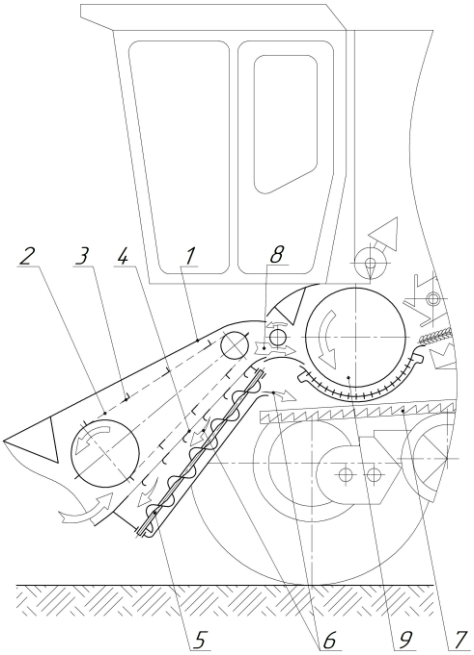


Рис. 1. Наклонная камера зерноуборочного комбайна, оснащенная решетчатым днищем:
1 – наклонная камера; *2* – плавающий транспортер; *3* – скребок; *4* – решетчатое днище; *5* – устройство для отвода свободного зерна; *6* – свободное зерно; *7* – транспортная доска; *8* – необмолоченные колосья; *9* – молотильное устройство

По результатам проведенного лабораторного эксперимента определены оптимальные размеры отверстий решетчатого днища. Кроме того, по ним же установлено, что на комбайнах семейства «Полесье» длина наклонной камеры (при оптимальном сочетании длины и ширины отверстий в ее днище) достаточна для почти стопроцентного выделения свободного зерна из очесанного вороха [6].

Модернизация наклонной камеры зерноуборочного комбайна путем снабжения ее решетчатым днищем позволит уменьшить затраты мощности на привод барабана на 10 кВт, а также повысить производительность уборки на 30%.

Список использованных источников

1. Жалнин, Э. В. Уборка с очесом на корню: за и против / Э. В. Жалнин // Сельский механизатор. – 2013. – № 8. – С. 10 – 12.

2. Леженкин, А. М. Технология уборки зерновых культур методом очесывания на корню: состояние и перспективы / А. М. Леженкин, В. И. Кравчук, А. С. Кушнарев. – Дослидницкое, 2010. – 400 с.

3. Ожерельев, В. Н. Стратегия совершенствования конструкции зерноуборочного комбайна / В. Н. Ожерельев, В. В. Никитин // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 8. – С. 39 – 43.

4. Ожерельев, В. Н. Предварительная сепарация очесанного зернового вороха в наклонной камере / В. Н. Ожерельев, В. В. Никитин // Агропромышленный комплекс на рубеже веков: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию агроинженерного факультета. – Ч. 1. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «Воронежский ГАУ имени Петра I», 2015. – С. 165 – 170.

5. Пат. на изобретение № 2725729 Российская Федерация. Наклонная камера зерноуборочного комбайна / Ожерельев В. Н., Никитин В. В., Синяя Н. В. ; опубл. 03.07.2020, Бюл. № 19.

6. Никитин, В. В. Влияние размеров отверстий решетчатого днища наклонной камеры на его сепарирующую способность / В. В. Никитин, В. Н. Ожерельев // Роль аграрной науки в развитии АПК РФ: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ». – Ч. 1. Воронеж : ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», 2017. – С. 8 – 12.

7. Никитин В. В. Определение оптимальной длины днища наклонной камеры зерноуборочного комбайна при очесе / В. В. Никитин // Сельский механизатор. – 2018. – № 5. – С. 8–9.

References

1. Zhalnin, E. V. Maid with tow standing: for and against // Rural machine operator. – 2013. – No 8. – P. 10 – 12.

2. Technology harvesting of the crops by the method of otesyvanija standing: status and prospects / A. M. Lezhenkin, V. I. Kravchuk, A. S. Kushnarev. – Doslidnitskoe, 2010. – 400 p.

3. Ozherelyev, V. N. Strategy for improving the design of the combine harvester / V. N. Ozherelyev, V. V. Nikitin // Tractors and agricultural machines. – 2016. – No 8. – P. 39 – 43.

4. Ozherelyev, V. N. The effect of the size of lattice holes of the bottom of the inclined chamber at its separating ability / V. N. Ozherelyev, V. V. Nikitin // The agro-industrial complex at the turn of the century: materials of international scientific-practical conference dedicated to the 85th anniversary of agricultural engineering faculty. P. I. – Voronezh : FSBEI HE "Voronezh state agricultural university named after Peter I", 2015. – P. 165 – 170.

5. Patent for invention No. 2725729, Russian Federation / Ozherelyev V. N., Nikitin V. V., Sinyaya N. V. Inclined camera combine harvester: Published 03.07.2020, bull. No. 19.

6. Nikitin, V. V. The influence of the size of the holes of the lattice bottom of the inclined chamber on its separating ability / V. V. Nikitin, V. N. Ozherelyev // The role of agrarian science in the development of agriculture: materials of the international scientific-practical conference dedicated to the 105th anniversary of the Voronezh GAU. P. I. – Voronezh : FSBEI HE Voronezh state agricultural university, 2017. – P. 8 – 12.

7. Nikitin V. V. Determining the optimal length of the bottom of the inclined chamber of a combine harvester when weighing // Rural machine operator. – 2018. – No 5. – P. 8–9.

УДК631.536

В. И. Павлов, С. В. Артемова, Т. Ю. Дорохова
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», Тамбов, Россия, e-mail: crems@crems.jesby.tstu.ru);
(МИРЭА – Российский технологический университет, кафедра информатики, Москва, Россия)

РАННЕЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. Предложен подход к раннему обнаружению изменений свойств объектов. Указано на целесообразность применения подхода при хранении продукции.

Ключевые слова: хранение продукции, обнаружение изменений, признак.

V. I. Pavlov, S. V. Artemova, T. Yu. Dorokhova
(Tambov State Technical University, Department Design
of Radio-Electronic and Microprocessor Systems, Tambov, Russia);
(MIREA – Russian Technological University,
Department of Informatics, Moscow, Russia)

EARLY DETECTION OF CHANGES IN OBJECT PROPERTIES

Abstract. An approach to early detection of changes in object properties is proposed. The expediency of applying the approach to product storage is indicated.
Keywords: storage of products, detection of changes, sign.

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности РФ усилия специалистов должны концентрироваться, в частности, на создании методов хранения продукции. Из-за действия внешних (температура, влажность воздуха, и др.) и внутренних (химический состав, физические свойства и др.) факторов могут происходить нежелательные процессы, способствующие сокращению сроков хранения.

Целесообразным способом сокращения потерь при хранении продукции является проведение профилактических мероприятий на ранней стадии изменения свойств продукции (объектов).

В настоящее время разработано и внедрено большое количество измерительных средств и методов контроля свойств объектов. Однако измерительные средства фиксируют, как правило, изменение свойств объектов на относительно поздних стадиях деградации.

В [1] разработан подход к обработке измерительной информации, позволяющий существенно сократить время на принятие решения о начале постепенного изменения свойств объектов. Суть подхода заключается в поиске признаков, сопутствующих изменению, их формализации и использовании в байесовской процедуре различения гипотез совместно с информацией от измерительных средств. В качестве гипотез могут выступать различные стадии деградации (изменения свойств) объектов.

Список использованных источников

1. Раннее обнаружение начала постепенного изменения свойств случайных процессов / В. И. Павлов, С. В. Артемова, А. Н. Грибков и др. // Известия Тульского ГУ. Технические науки. – Вып. 5, 2020. – С. 237 – 246.

References

1. Rannee obnaruzhenie nachala postepennogo izmeneniya svojstv sluchajnyh processov / V. I. Pavlov, S. V. Artemova, A. N. Gribkov et al. // IzvestiyaTul'skogo GU. Tekhnicheskienauki. – Vyp.5, 2020. – S. 237 – 246.

УДК 631.362

И. А. Петунина, Е. А. Котелевская
(ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина», Краснодар, Россия,
e-mail: petunina_1960@mail.ru, 9183119059@mail.ru)

ТЕХНОЛОГИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧАТКОВ СЕМЕННОЙ КУКУРУЗЫ

Аннотация. Рассмотрены предпосылки создания средств механизации сортировки початков семенной кукурузы; определены перспективные направления применения фотосепарации для отделения очищенных и неочищенных початков кукурузы; предложена технология сортирования початков, сочетающая механизацию процесса с его электронным контролем.

Ключевые слова: кукуруза, семена, початки, сортирование, фотосепарация.

I. A. Petunina, E. A. Kotelevskaya
(Kuban State Agrarian University
named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia)

TECHNOLOGY PROCESSING COB SEED CORN AFTER COLLECTION OF THE HARVEST

Abstract. Is considered premiseses of the making the facilities to mechanizations sorting cob seed corn; the perspective directions of the using photoseparation are determined for branch cleaned and unrefined cob of the corn; offered technology sorting cob, combining mechanization of the process with his(its) electronic checking.

Keywords: corn, grain, cob, sorting, photoseparation.

В настоящее время не только в России в целом, но и на Кубани, как одной из главных производителей кукурузы, увеличиваются объемы выращивания семенного материала гибридов собственной селекции, так как продовольственная независимость определяется возможностью государства производить семенной материал.

Очевидно, что получение больших объемов семян кукурузы должно быть обеспечено специальной техникой.

Одними из основных при переработке убранной на семена кукурузы являются операции съема оберток, отделение очищенных от неочищенных початков в общем ворохе, доочистка и обмолот.

Серийные технологические линии для переработки початков семенной кукурузы отличаются невысокой степенью механизации, так как сортировка выполняется за счет применения ручного труда. При этом нормативы на одного работника достаточно высокие. Поэтому

повышение производительности труда возможно только экстенсивным путем за счет увеличения численности обслуживающего персонала. Следует отметить, что повышенные требования к результатам очистки, сортирования и обмолота семенных початков исключают применение очистительных и молотильных блоков комбайнов, а также сортировальных машин, серийно применяемых для других видов сельскохозяйственной продукции, основанных как на принципе пневмосепарации слоя зерновок, так и по габаритным размерам.

Применяющиеся принципы конструирования и использования комбайнов и стационарных установок с рабочими органами комбайнов, не включающие операции очистки и сортировки, ориентирование на получение товарного зерна и больших объемов семенного зерна. При этом, на всех без исключения технологических линиях послеуборочной переработки кукурузных початков, для получения семенного материала монтируются переборочные столы или транспортеры различных конструкций, оборудованные рабочими местами для обслуживающего персонала.

Для производства семенного материала в продовольственных целях и на силос техническое обеспечение решено за счет комбайновой технологии уборки, в которой операции предварительной очистки початков и их переборки исключаются.

В процессе послеуборочной переработки початков семенной кукурузы на первом этапе селекции и первичном семеноводстве эти операции являются одними из основных.

Соответствие исходным требованиям устройств для сортирования початков возможно при условии управления процессом и более точном использовании биометрических и физико-механических свойств самих початков.

В настоящее время ориентация на цифровизацию практически во всех отраслях производства предполагает широкое использование устройств электронного слежения.

На основе классификационного подхода нами выбрано наиболее перспективное техническое решение механизации сортирования початков с использованием эффекта фотосепарации [1, 4, 6, 7].

Переход от решений в виде переборочных столов или транспортеров с использованием ручного труда к конструкциям, обеспечивающим механизацию предполагал решение следующих задач: обязательная ориентация початков перед поступлением их на разделение; перемещение в щадящем режиме по рабочим поверхностям; поступление после оценки степени очистки в различные бункеры. Поэтому с применением теории динамики плоскопараллельного движения твердого тела было выполнено теоретическое и экспериментальное исследова-

ние перекатывания початка кукурузы по поверхности переменной кривизны, а также обосновано определение кода цветности очищенных и неочищенных початков по RGB-методу [2, 3, 5, 8].

Реализацией полученных данных стало конструктивное решение в виде установки с использованием различий по шероховатости и по цветовым кодам зерновок и оберток, сепарирующей початки семенной кукурузы на очищенные и неочищенные [9].

Технологический процесс сортирования початков состоит из следующих основных этапов. Початки поштучно выбираются из бункера и поднимаются ковшами транспортера-дозатора. В верхней точке они скатываются по обратной стороне ковша и попадают на наклонную плоскость, внизу которой изменяют направление движения и поступают на восходящую часть рабочей плоскости. Здесь, по изображению, зафиксированному видеокамерой, происходит распознавание блоком управления степени очистки зерновой поверхности. При помощи исполнительного механизма очищенные и неочищенные початки направляются в различные бункеры хранения.

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования предназначены для методик инженерного расчета основных параметров установок для сортирования початков кукурузы, работающих в щадящем режиме.

Список использованных источников

1. Петунина, И. А. Определение расположения оптического датчика в сортировке початков кукурузы / И. А. Петунина, Е. А. Котелевская // Сельский механизатор. – 2018. – № 11. – С. 18–19.

2. Петунина, И. А. Оптико-электронное распознавание початков кукурузы / И. А. Петунина, Е. А. Котелевская / Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. – 2016. – № 1(29). – С. 79 – 82.

3. Петунина, И. А. Плоскость переменной кривизны для разделения початков семенной кукурузы / И. А. Петунина, Е. А. Котелевская // Международный технико-экономический журнал. – 2016. – № 3. – С. 82 – 85.

4. Петунина, И. А. Использование цветовых кодов для разделения початков кукурузы при сортировании / И. А. Петунина, Е. А. Котелевская // Международный научный журнал. – 2015. – № 4. – С. 61 – 63.

5. Петунина, И. А. Аналитический обзор механизации разделения вороха початков / И. А. Петунина, Е. А. Котелевская // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. – 2015. – № 4(28). – С. 61 – 63.

6. Петунина, И. А. Выбор кода цветовой гаммы для разделения початков / И. А. Петунина, Е. А. Котелевская // Сельский механизатор. – 2014. – № 1. – С. 14.

7. Петунина, И. А. Разделение початков кукурузы по коду цветовой гаммы / И. А. Петунина, Е. А. Котелевская // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 9. – С. 83–84.

8. Петунина, И. А. Использование наклонной плоскости для сортирования початков кукурузы / И. А. Петунина, Е. А. Котелевская // Международный технико-экономический журнал. – 2011. – № 3. – С. 86–87.

9. Пат. 166210 Российская Федерация. МПК 51 A 01 D 45/02. Установка для разделения початков семенной кукурузы / Петунина И. А., Котелевская Е. А., Котелевский С. А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2016130514/13; заявл. 25.07.16; опубл. 20.11.16, Бюл. № 32. – 3 с.

References

1. Petunina, I. A. Opredelenie raspolozheniya opticheskogo datchika v sortirovke pochatkov kukuruzy / I. A. Petunina, E. A. Kotelevskaya // Sel'skij mekhanizator. – 2018. – № 11. – S. 18–19.

2. Petunina, I. A. Optiko-elektronnoe raspoznavanie pochatkov kukuruzy / I. A. Petunina, E. A. Kotelevskaya / Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva. – 2016. – № 1(29). – S. 79 – 82.

3. Petunina, I. A. Ploskost’ peremennoj krivizny dlya razdeleniya pochatkov semennoj kukuruzy / I. A. Petunina, E. A. Kotelevskaya // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. – 2016. – № 3. – S. 82 – 85.

4. Petunina, I. A. Ispol’zovanie cvetovyh kodov dlya razdeleniya pochatkov kukuruzy pri sortirovanii / I. A. Petunina, E. A. Kotelevskaya // Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal. – 2015. – № 4. – S. 61 – 63.

5. Petunina, I. A. Analiticheskij obzor mekhanizacii razdeleniya voroha pochatkov / I. A. Petunina, E. A. Kotelevskaya // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva. – 2015. – № 4(28). – S. 61 – 63.

6. Petunina, I. A. Vybor koda cvetovoj gammy dlya razdeleniya pochatkov / I. A. Petunina, E. A. Kotelevskaya // Sel’skij mekhanizator. – 2014. – № 1. – S. 14.

7. Petunina, I. A. Razdelenie pochatkov kukuruzy po kodu cvetovoj gammy / I. A. Petunina, E. A. Kotelevskaya // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental’nyh issledovanij. – 2013. – № 9. – S. 83–84.

8. Petunina, I. A. Ispol'zovanie naklonnoj ploskosti dlya sortirovaniya pochatkov kukuruzy / I. A. Petunina, E. A. Kotelevskaya // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. – 2011. – № 3. – S. 86–87.

9. Pat. 166210 Rossijskaya Federaciya. MPK 51 A 01 D 45/02. Ustanovka dlya razdeleniya pochatkov semennoj kukuruzy / Petunina I. A., Kotelevskaya E. A., Kotelevskij S. A.; zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet". – № 2016130514/13; zayavl. 25.07.16; opubl. 20.11.16, Byul. № 32. – 3 s.

УДК664.65.05

Ю. В. Родионов, Э. С. Иванова, А. С. Зорин, А. И. Скоморохова
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru)

НОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В статье обоснована необходимость процесса сушки растительных материалов и установлена максимальная конечная влажность для повышения сроков хранения полученных материалов, а также для максимального сохранения биологически активных веществ, входящих в состав изначального продукта. Предложены конструктивные изменения двухступенчатой вакуум-импульсной сушки в зависимости от рода растительных материалов, а также их форм и в целях энергосбережения.

Ключевые слова: плоды, овощи, влагосодержание, вакуум, кривые сушки.

Yu. V. Rodionov, E. S. Ivanova, A. S. Zorin, A. I. Skomorokhova
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

NEW DRYING ELEMENTS OF VEGETABLE MATERIALS

Abstract. The article substantiates the need for the drying process of plant materials and establishes the maximum final moisture content to increase the shelf life of the materials obtained, as well as to maximize the preservation of biologically active substances that make up the original product. Constructive changes in two-stage vacuum-impulse drying are proposed, depending on the type of plant materials, as well as their forms and with the aim of energy saving.

Keywords: fruits, vegetables, moisture, vacuum, drying curves.

Ведение. Большинство плодов, овощей итрав являются коллоидными капиллярно-пористыми материалами с содержанием влаги от 35% до 96%. Они обладают сложной технологией длительного хранения, но при обезвоживании растительных продуктов ниже 14%, многие из них можно хранить длительное время в обычных условиях [1].

Так же при сушке происходит значительное уменьшение массы, снижающее логистические затраты. Основным положительным фактором сушки растительных материалов является максимальное сохранение биологически активных веществ (БАВ). При сушке растительных продуктов необходимы щадящие режимы при уменьшении длительности процесса. В настоящее время этому отвечают сушилки: сублимационные, в виброкипящем слое, вакуумные. При вакуумной сушке остаточное давление в камере составляет 5…10 кПа при температуре нагрева 40…60 °С. Данные параметры сохраняют ценные термолабильные компоненты продукта, однако существенно тормозят сушку в периоде постоянной скорости (первом периоде). Наиболее перспективным видом является двухступенчатая комбинированная вакуумная сушка. Если теплоподвод осуществляется в обеих сушилках воздухом – конвективная [2]. Причем время пребывания материала обусловлено временем периодов, характеризующихся точкой критического влагосодержания материалов. За последние годы сушка существенно претерпела конструктивные изменения процесса с повышением уровня механизации и автоматизации производства.

Цель статьи заключается в рассмотрении основных конструктивных изменений, позволяющих повысить производительность и снизить энергоемкость процесса двухступенчатой вакуумной сушки растительных материалов.

Методика и методы. При сушке коллоидных капиллярно-пористых, эластичных тел явление усадки имеет большое значениев анализе кривой скорости сушки. Если стенки капилляров эластичны, то при увеличении влажности тела капилляры увеличиваются, а при сушке уменьшаются. Подвод влаги к поверхности в этом случае облегчается. Большинство тел данного класса имеют два периода скорости сушки. Процесс сушки разнообразных материалов отнесем к шести типичным кривым скорости сушки в периоде падающей скорости, представленных на рис. 1 [3].

На основании представленных теоретических закономерностей и экспериментальных исследований предлагаются следующие конструктивные изменения в двухступенчатую вакуумную сушку растительных материалов.

Результаты и обсуждения. При равномерной нарезке (кубики, шары) предлагается применять двухступенчатую конвективную вакуум-импульсную сушку (ДКВИС) с конвективной лотковой сушилкой на первой ступени для полидисперсных материалов хмеле-тыквенной

закваски (ХТЗ) [4, 5]. Инновационным является использование первой ступени в виде ленточного конвейера, а также осуществление конвективно-инфракрасного нагрева с помощью газовых горелок.

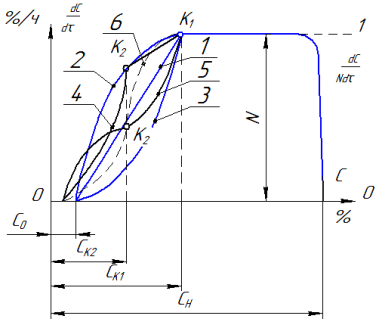


Рис. 1. Кривые скорости сушки влажных материалов:
1 – бумага; *2* – макаронное тесто; *3* – пористые керамические материалы; *4* – глина; *5* – ломти хлеба; *6* – редко встречающийся вид кривой

На второй ступени (рис. 2) для сокращения энергии целесообразно применение двух жидкостнокольцевых вакуумных насосов (ЖВН) [6].

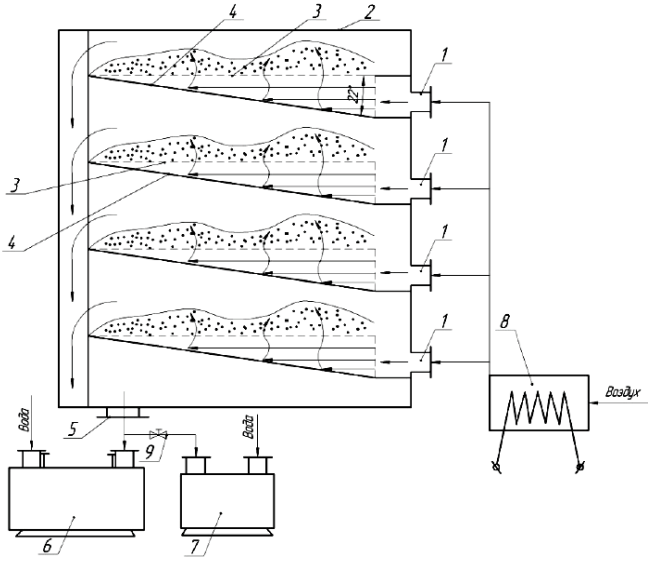


Рис. 2. Схема сушилки второй ступени:
1 – штуцер входной; *2* – корпус вакуумного шкафа; *3* – лоток сетчатый; *4* – лист распределяющий; *5* – штуцер выходной; *6* – ЖВН двухступенчатый; *7* – ЖВН одноступенчатый с регулируемым окном; *8* –ТЭН; *9* – вентиль

Важным конструкционным изменением является секционное деление конвейерной сушилки, позволяющей создавать осциллирующие режимы, увеличивая производительность первой ступени за счет сокращения времени на 10 – 15%.

Перспективным направлением является применение кондуктивно-конвективного нагрева второй ступени и применение инфракрасного излучения для нагрева. Универсальной разработкой сушки растительных материалов различных форм и размеров является применение псевдоожиженного слоя первой ступени с тепловыми аккумуляторами [7].

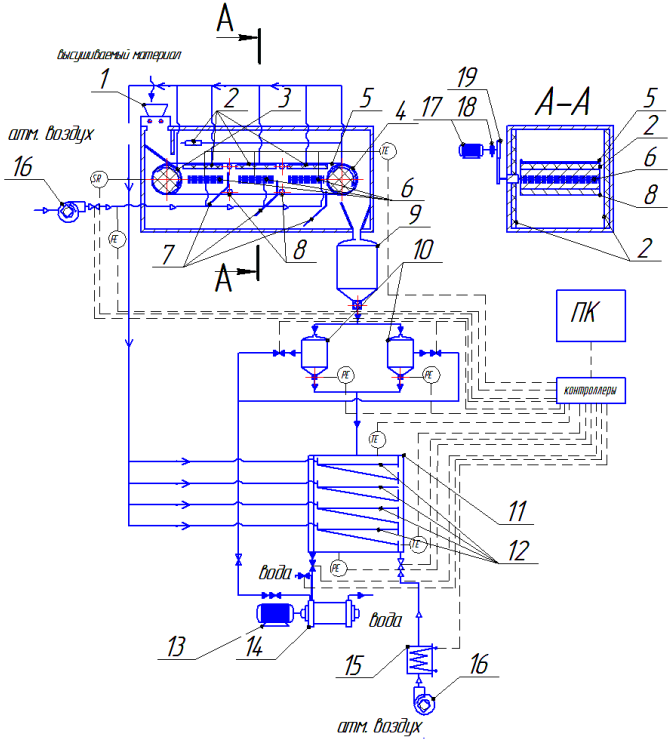


Рис. 3. Технологическая схема комбинированной вакуум-импульсной сушки растительного сырья с использованием технологии теплоаккумулирования:

1 – питатель; *2* – теплоаккумуляторы; *3* – приводной барабан; *4* – натяжной барабан; *5* – перфорированная лента; *6* – газовые горелки; *7* – направляющие потока воздуха; *8* – опорные ролики; *9* – промежуточная емкость; *10* – емкости для создания импульсов; *11* – вакуумный сушильный шкаф; *12* – лотки; *13* – электродвигатель; *14* – жидкостнокольцевой вакуумный насос; *15* – калорифер; *16* – воздуходувки; *17* – электродвигатель привода ленточного конвейера; *18* – упругая муфта; *19* – цилиндро-червячный редуктор

Кроме того, увеличена производительность за счет сокращения времени сушки второй ступени – вакуумного шкафа благодаря дополнительным вакуумным импульсам. Здесь также возможно сокращение энергии, применяя теплоаккумуляторы, что показано на рис. 3.

Заключение. На основании теоретического и экспериментального анализа наиболее перспективной установкой сушки растительных продуктов является двухступенчатая вакуум-импульсная сушка.

Для сокращения энергозатрат и повышения производительности данной сушки, в зависимости от форм и размеров растительных материалов, применяются конструктивные изменения: первая ступень в виде ленточного конвейера, разделенного на секции; тепловых аккумуляторов; емкости для сухих импульсов; лотков второй ступени с кондуктивным нагревом; первая ступень в псевдоожиженной сушилке.

Список использованных источников

1. Разработка рецептуры смеси овощных и фруктовых порошков для приготовления безалкогольных напитков / И. В. Иванова, Д. А. Козодаева, М. В. Коновалов, А. Ю. Григорьева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2015. – № 3(7). – С. 26 – 33.

2. Инновационные технологии сушки растительного сырья / Ю. Г. Скрипников, М. А. Митрохин, Е. П. Ларионова и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 3(41). – С. 371 – 376.

3. Лыков, А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М. : Энергия, 1968. – 472 с.

4. Расчет параметров и режимов работы оборудования биотехнологической системы для производства хмелево-тыквенной закваски / Е. П. Иванова, Ю. В. Родионов, В. П. Капустин и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 3(57). – С. 270 – 277.

5. Исследование и выбор режимных параметров процесса сушки хмеле-тыквенной закваски / Ю. В. Родионов. В. П. Капустин, Д. В. Никитин и др. // Наука в центральной России. – 2016. – № 3. – С. 15 – 24.

6. Энергоэффективность двухступенчатой сушки растительного сырья / В. Б. Воробьев, А. М. Климов, Ю. В. Родионов и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 3(34). – С. 361 – 365.

7. Пат. 2716056 Российская Федерация, МПК F26B 17/10 F26B 5/04. Энергоэффективная конвективно-вакуум-импульсная сушильная установка с тепловыми аккумуляторами / Зорин А. С., Иванова И. В., Никитин Д. В. Родионов Ю. В., Щегольков А. В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ТГТУ». № 2019106971; заявл. 13.03.2019; опубл. 06.03.2020, Бюл. № 7, 9 с.

References

1. Ivanova, I. V. Razrabotka receptury smesi ovoshchnyh i fruktovyh poroshkov dlya prigotovleniya bezalkogol'nyh napitkov / I. V. Ivanova, D. A. Kozodaeva, M. V. Konovalov, A. Yu. Grigor'eva // Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. – 2015. – № 3(7). – S. 26 – 33.

2. Skripnikov, Yu. G. Innovacionnye tekhnologii sushki rastitel'nogo syr'ya / Yu. G. Skripnikov, M. A. Mitrohin, E. P. Larionova, Yu. V. Rodionov, A. S. Zorin // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2012. – № 3(41). – S. 371 – 376.

3. Lykov, A. V. Teoriya sushki / A. V. Lykov. – M. : Energiya, 1968. – 472 s.

4. Raschet parametrov i rezhimov raboty oborudovaniya biotekhnologicheskoj sistemy dlya proizvodstva hmelevo-tykvennoj zakvaski / Ivanova E. P., Rodionov Yu. V., Kapustin V. P., D. V. Nikitin, Danilin S. I., Mitrohin M. A. // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2015. – № 3(57). – S. 270 – 277.

5. Rodionov, Yu. V. Issledovanie i vybor rezhimnyh parametrov processa sushki hmele-tykvennoj zakvaski / Yu. V. Rodionov. V. P. Kapustin, D. V. Nikitin, D. N. Protasov, E. P. Ivanova, P. S. Platicin // Nauka v central'noj Rossii. – № 3. – 2016. – S. 15 – 24.

6. Energoeffektivnost' dvuhstupenchatoj sushki rastitel'nogo syr'ya / V. B. Vorob'ev, A. M. Klimov, Yu. V. Rodionov, V. A. Preobrazhenskij, D. V. Skvorcov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2011. – № 3(34). – S. 361 – 365.

7. Pat. 2716056 Rossijskaya Federaciya, MPK F26V 17/10 F26V 5/04, Energoeffektivnaya konvektivno-vakuum-impul'snaya sushil'naya ustanovka s teplovymi akkumulyatorami / Zorin A. S., Ivanova I. V., Nikitin D. V. Rodionov Yu. V., Shchegol'kov A. V.; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO "TGTU". № 2019106971; zayavl. 13.03.2019; opubl. 06.03.2020, Byul. № 7. – 9 s.

УДК 66.015.23

С. П. Рудобашта[1], В. М. Дмитриев[2], А. С. Столбова[1]
[1] (ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», Москва, Россия, e-mail: rudobashta@mail.ru);
[2] (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: dmitriev_tstu@mail.ru)

КИНЕТИКА СУШКИ И УСАДКА НАРЕЗАННОЙ МОРКОВИ

Аннотация. Получены экспериментальные кривые сушки и кривые усадки моркови, нарезанной на диски, по которым рассчитана ее линейная усадка при сушке в зависимости от влагосодержания материала. Полученные данные могут быть использованы при кинетическом расчете сушилки для моркови, нарезанной на диски, а также для определения объема высушенного материала.

Ключевые слова: нарезанная морковь, сушка, усадка, кинетика.

S. P. Rudobashta[1], V. M. Dmitriev[2], A. S. Stolbova[1]
[1] (Russian State Agrarian University – MAA after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia);
[2] (Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

KINETICS OF DRYING AND SHRINKAGE OF SLICED CARROTS

Abstract. Experimental drying curves and shrinkage curves of carrots cut into disks were obtained, according to which its linear shrinkage during drying was calculated depending on the moisture content of the material. The data obtained can be used in the kinetic calculation of the dryer for cut carrots, as well as to determine the volume of dried material.

Keywords: carrot; drying; seeding; kinetics.

Высушиваемые фрукты и овощи в процессе сушки дают усадку, которую необходимо учитывать при кинетическом расчете этого процесса, а также при определении объема тары для хранения высушенного материала. В литературе данные по усадке различных материалов носят отрывочный характер. Для ряда материалов они приведены, например, в [1]. Для моркови, нарезанной на дольки, они отсутствуют, что предопределило цель данного исследования.

Эксперименты проводили на специальной установке, предназначенной для такого рода исследований. Тщательно промытые (но не очищенные от поверхностного слоя) одиночные, нарезанные на диски толщиной l = 5 мм образцы моркови сорта «Нантская» высушивали

при температурах сушильного агента (воздуха) 30, 40, 50 и 60 °С при продольном обдуве диска моркови со скоростью υ = 10 м/с. Сушка осуществлялась рециркулирующим в сушилке воздухом, который непрерывно осушался в сушильной камере с помощью силикагеля марки КСК. Опыт проводили в следующей последовательности. Включали вентилятор и нагреватель воздуха и выводили сушилку на нужный температурный режим. Затем быстро подвешивали одиночный испытуемый образец моркови к весам марки ОКБ ВЕСТА АВ 210-01. Высушиваемый образец периодически взвешивали с точностью 1 мг без извлечения его из сушильной камеры. Во время взвешивания вентилятор на несколько секунд отключали. Измерение усадки проводили в параллельных опытах электронным кронциркулем Kroeplin C220 с точностью 0,01 мм. Скорость воздуха измеряли термоанемометром «Testo 405» с погрешностью ±0,05 м/с. В опытах контролировали температуру воздуха – термопарой марки ХК со вторичным прибором ТРМОА с погрешностью 0,2 °С. Полученные кривые сушки приведены на рис. 1, а кривые усадки – на рис. 2. Сушка дисков происходила со стороны свежих после нарезки плоских поверхностей. В результате совместной обработкой кривых сушки и усадки, приведенных на рис. 1 и 2, получена зависимость линейной усадки по толщине диска в зависимости от среднеобъемного влагосодержания материала.

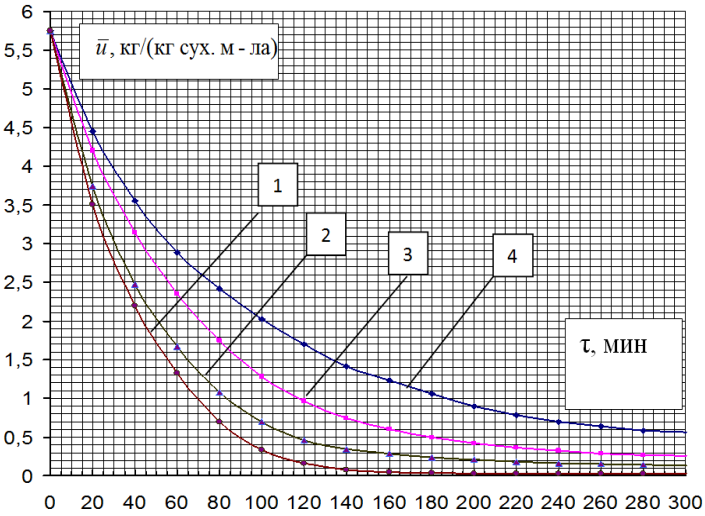


Рис. 1. Кривые сушки диска моркови «Нантская» толщиной $l = 2R = 5 \cdot 10^{-3}$ м при скорости воздуха 10 м/с:
1 – t = 60 °С; *2* – t = 50 °С; *3* – t = 40 °С; *4* – t = 30 °С

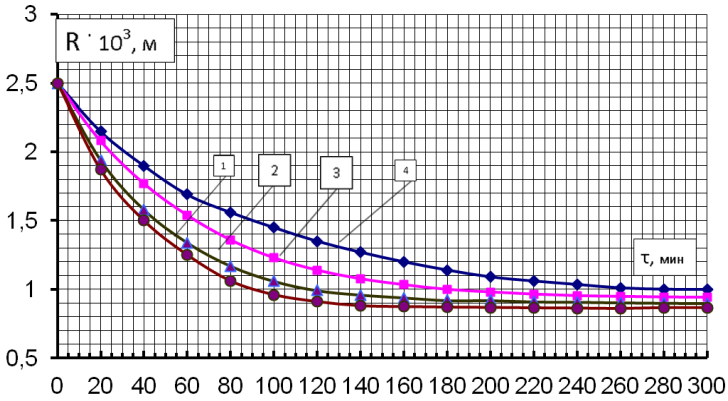


Рис. 2. Зависимость $R = f(\tau)$ при конвективной сушке дисков моркови сорта «Нантская» (толщиной $2R = 5 \cdot 10^{-3}$ м при скорости теплоносителя 10 м/с:

1 – t = 60 °С; *2* – t = 50 °С; *3* – t = 40 °С; *4* – t = 30 °С

(R – половина толщины диска)

Обработка опытных данных показала, что относительная линейная усадка зависит только от объемного влагосодержания моркови $\bar{u}$ и не зависит от температуры сушильного агента. Полученная экспериментальная зависимость $l = f(\bar{u})$ имеет линейный вид, она была аппроксимирована следующим уравнением, выражающим относительную линейную усадку диска по его толщине в процессе сушки, в зависимости от среднеобъемного влагосодержания материала

$$\delta l = 0{,}34 + 0{,}1158\ \bar{u}, \qquad (1)$$

где $\bar{u}$ – в кг/(кг сух. м-ла); $\delta l = l(u)/l_н$; $l_н$ – максимальное (начальное) влагосодержание высушиваемого диска моркови, равное $u_н$ = 5,7 кг/(кг сух. м-ла). При $l_н$ = 5 мм и $u = u_н$ = 5,7 кг/(кг сух. м-ла) имеем: δl = 1, а при $l_н$ = 5 мм и $\bar{u}$ = 0: δl = 0,34, т.е. l (0) = 1,7 мм. Таким образом, в процессе сушки от максимального начального влагосодержания $u_н$ до абсолютно сухого состояния диск моркови сокращается по толщине на 66%.

При расчете кинетики сушки нарезанной моркови на основе решения дифференциального уравнения диффузии влаги в материале необходимо учитывать как уменьшение геометрических размеров вы-

сушиваемых частиц, так и возникающий вследствие усадки внутренний транспорт влаги матрицей материала. Математическая модель с учетом этого переноса приведена в [2].

Список использованных источников

1. Лыков, А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – изд. 2-е, пер. и доп. – М. : Энергия. 1968. – 472 с.

2. Zahed, A. H. Modelling and Simulation of Batch and Continuous Fluidized Bed Dryers. Drying Technology / A. H. Zahed, J. X. Zhu, J. R. Grace. – 1995. – V. 13, № 1-2. – P. 1 – 28.

References

1. Luikov, A. V. Theoriya sushki / A. V. Luikov. – Moscow : Energiya, 1968. – 472 P. (in Russian).

2. Zahed, A. H. Modelling and Simulation of Batch and Continuous Fluidized Bed Dryers. Drying Technology / A. H. Zahed, J. X. Zhu, J. R. Grace. – 13 (1&2). (1995). – P. 1 – 28.

УДК 66.015.23

С. П. Рудобашта[1], В. М. Дмитриев[1], И. А. Грабов[1]

[1] (ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», Москва, Россия, e-mail: rudobashta@mail.ru);

[2] (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: dmitriev_tstu@mail.ru)

КИНЕТИКА СУШКИ И УСАДКА НАРЕЗАННОЙ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ

Аннотация. Получены экспериментальные кривые сушки и кривые усадки столовой свеклы, нарезанной на диски, по которым рассчитана линейная усадка материала при сушке в зависимости от влагосодержания материала. Полученные данные могут быть использованы при кинетическом расчете сушилки для свеклы, нарезанной на диски, а также для определения объема высушенного материала.

Ключевые слова: нарезанная столовая свекла, сушка, усадка, кинетика.

S. P. Rudobashta[1], V. M. Dmitriev[2], I. A. Grabov[1]
[1] (Russian State Agrarian University – MAA after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia);
[2] (Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

KINETICS OF DRYING AND SHRINKAGE OF CHOPPED BEETROOT

Abstract. Experimental drying curves and shrinkage curves of beet cut into discs were obtained, according to which the linear shrinkage of the material during drying was calculated depending on the moisture content of the material. The obtained data can be used in the kinetic calculation of the dryer for cut beets, as well as to determine the volume of dried material.

Keywords: chopped beetroot; drying; seeding; kinetics.

Многие коллоидные капиллярно-пористые материалы, в частности фрукты и овощи, в процессе сушки дают значительную усадку. Ее необходимо учитывать при математическом описании кинетики сушки, хранении и транспортировке высушенного материала. Математическая модель, описывающая кинетику сушки частиц материала с учетом их усадки, приведена в [1]. В литературе отсутствуют данные по усадке свеклы, нарезанной на частицы, при их сушке, необходимые для кинетического расчета. Это предопределило необходимость проведения данного исследования.

Эксперименты проводили на установке, специально созданной для такого рода исследований. Промытые, но не очищенные от поверхностного слоя, одиночные, нарезанные на диски толщиной l = 5 мм образцы столовой свеклы сорта «Бордо», высушивали при температурах сушильного агента (воздуха) 30, 40, 50 и 60 °С при продольном обдуве диска свеклы со скоростью υ = 10 м/с. Сушка осуществлялась рециркулирующим в сушилке воздухом, который непрерывно осушался в сушилке с помощью силикагеля марки КСК. Опыт проводили в следующей последовательности. Включали вентилятор и нагреватель воздуха и выводили сушилку на нужный температурный режим. Затем быстро подвешивали одиночный испытуемый диск свеклы к весам марки ОКБ ВЕСТА АВ 210-01. Высушиваемый образец периодически взвешивали с точностью 1 мг без извлечения его из сушильной камеры. Во время взвешивания вентилятор на несколько секунд отключали. Измерение усадки проводили в параллельных опытах электронным кронциркулем Kroeplin C220 с точностью 0,01 мм. Скорость воздуха измеряли термоанемометром «Testo 405» с погрешностью ±0,05 м/с. В опытах контролировали температуру воздуха –

термопарой марки ХК со вторичным прибором ТРМОА с погрешностью 0,2 °С. Полученные кривые сушки приведены на рис. 1, а кривые усадки – на рис. 2. Сушка диска происходила со стороны свежих плоских поверхностей, образующихся после его нарезки. В результате совместной обработкой кривых сушки и усадки, приведенных на рис. 1 и 2, получена зависимость линейной усадки по толщине диска в зависимости от среднеобъемного влагосодержания материала.

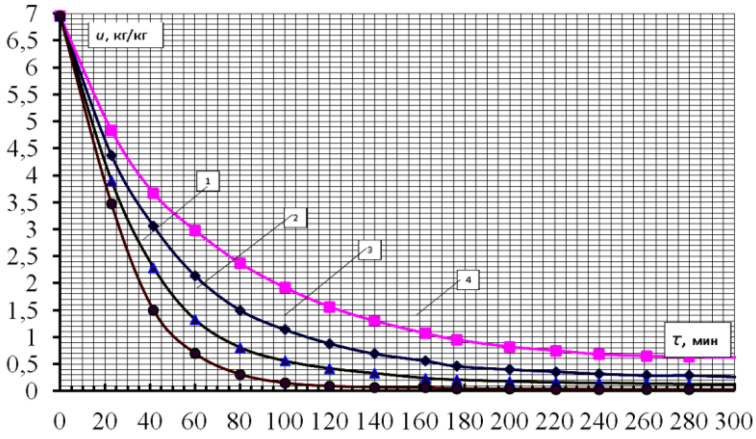


Рис. 1. Кривые сушки образца свеклы сорта «Бордо» толщиной $5 \cdot 10^{-3}$ м при скорости воздуха 10 м/с:
1 – t = 60 °С; *2* – t = 50 °С; *3* – t = 40 °С; *4* – t = 30 °С

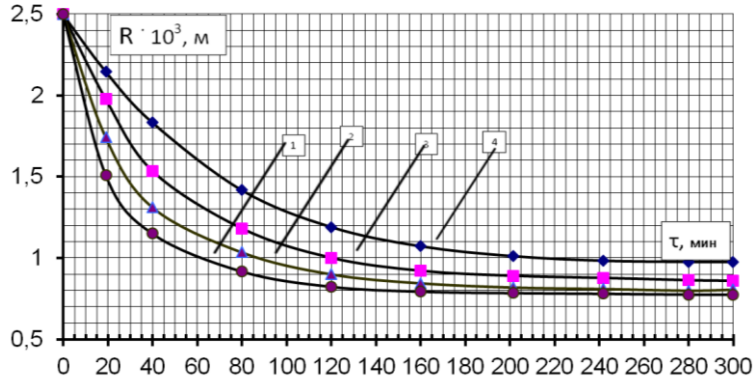


Рис. 2. Зависимость $R = f(\tau)$ при конвективной сушке образцов свеклы сорта «Бордо» (толщиной $2R = 5 \cdot 10^{-3}$ м при скорости теплоносителя 10 м/с:
1 – t = 60 °С; *2* – t = 50 °С; *3* – t = 40 °С; *4* – t = 30 °С

Обработка опытных данных показала, что относительная линейная усадка зависит только от объемного влагосодержания моркови $\bar{u}$ и не зависит от температуры сушильного агента. Полученная экспериментальная зависимость $l = f(\bar{u})$ имеет линейный вид, она была аппроксимирована следующим уравнением, выражающим относительную линейную усадку от среднеобъемного влагосодержания следующей функцией:

$$\delta l = 0{,}308 + 0{,}1032\bar{u}. \qquad (1)$$

В уравнении (1) $\bar{u}$ – в кг/(кг сух. м-ла); $\delta l = l(u)/l_н$; $l_н$ – максимальное (начальное) влагосодержание высушиваемой диска свеклы, равное $u_н$ = 6,7 кг/(кг сух. м-ла). При $l_н$ = 5 мм и $u = u_н$ = 6,7 кг/(кг сух. м-ла) имеем: δl = 1, а при $l_н$ = 5 мм и $\bar{u}$ = 0: δl = 0,308, т.е. l (0) = 1,54 мм. Таким образом, в процессе сушки от максимального начального значения влагосодержания $u_н$ до абсолютно сухого состояния диск моркови сокращается по толщине на 69%.

Список использованных источников

1. Zahed, A. H. Modelling and Simulation of Batch and Continuous Fluidized Bed Dryers. Drying Technology / A. H. Zahed, J. X. Zhu, J. R. Grace. – 1995. – V. 13, № 1-2. – P. 1 – 28.

References

1. Zahed A. H., Zhu J. X., Grace J. R. (1995). Modelling and Simulation of Batch and Continuous Fluidized Bed Dryers. Drying Technology, 13 (1&2). – 1 – 28.

УДК 631.563

А. В. Гуд, И. Ю. Русецкий
(Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь,
e-mail: sasha0735@mail.ru)

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ДРОБЛЕНОГО ЗЕРНА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЖИВОТНЫХ

Аннотация. В статье приведены результаты аналитических исследований влияния гранулометрического состава дробленого зерна на продуктивность животных.

Ключевые слова: модуль помола, гранулометрический состав, продуктивность животных.

A. V. Hood, I. Y. Rusetsky
(Institution of Education Belarusian State Agrarian Technical University,
Minsk, Republic of Belarus)

INFLUENCE OF GRANULOMETRIC COMPOSITION OF CRUSHED GRAIN ON ANIMAL PRODUCTIVITY

Abstract. The article presents the results of analytical studies of the influence of granulometric composition of crushed grain on the productivity of animals.

Keywords: grinding module, granulometric composition, animal productivity.

Для скармливания животным комбикормов качество дробленого зерна должно обеспечивать крупный (модуль помола от 2,6 до 1,8 мм), средний (модуль помола от 1,8 до 1 мм) и мелкий помол (модуль помола от 1 до 0,2 мм) [1, 2]. Однако при любых значениях модуля помола, качество корма будет тем выше, чем меньше в нем мучнистых пылевидных частиц [2].

Модуль помола комбикормов определяется по результатам анализа гранулометрического состава, полученного путем ситового рассева.

На рисунке 1 представлены графики (кривые) распределения частиц по крупности в виде суммарного по плюсу, показывающие, сколько продукта из всей пробы больше данного размера частиц, а также гистограммы, представляющие собой ступенчатый график из прямоугольников, основанием которых служит интервал крупности частиц, а высотами – частоты, представляющие выход частиц на единицу длины интервала.

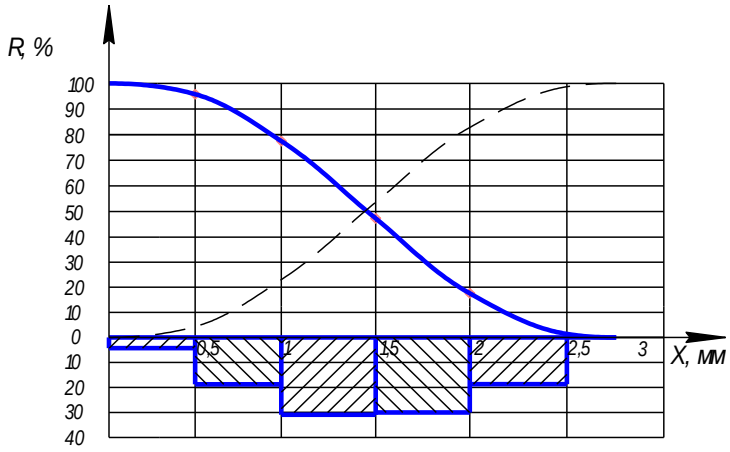


Рис. 1. Гистограмма распределения частиц по интервалам крупности и суммарные кривые выхода по плюсу и минусу дробленого зерна

Модуль помола продукта определяли по формуле

$$M = \frac{0{,}25m_{0{,}5} + 0{,}25m_{1{,}0} + 0{,}25m_{1{,}5} + 0{,}25m_{2{,}0} + 0{,}25m_{2{,}5} + 0{,}25m_{3{,}0}}{m_0}, \text{ мм}, \quad (3.3)$$

где $m_{0,5}$, $m_{1,0}$, $m_{1,5}$, $m_{2,0}$, $m_{2,5}$, $m_{3,0}$ – проход массы частиц продукта через соответствующее сито, г; m_0 – общая масса навески, г.

Мелкий помол – остаток на сите с отверстиями диаметром 2 мм не более 5%; остаток на сите с отверстиями диаметром 5 мм не допускается. Средний помол – остаток на сите с отверстиями диаметром 3 мм – не более 12%; остаток на сите с отверстиями 5 мм не допускается. Крупный помол – остаток на сите с отверстиями 3 мм – не более 35%, остаток на сите с отверстиями 5 мм – не более 5%.

Для кормления животных определены физиологически оптимальный модуль помола дробленого фуражного зерна.

Оптимальный размер частиц зернофуража для поросят-сосунов составляет 0,7…0,8 мм; для поросят-отъемышей – 0,9…1,1 мм; свиней беконного откорма – 1,2…1,6 мм. Такой модуль помола фуражного зерна со сбалансированным рационом комбикормов обеспечивает очень высокую эффективность кормления свиней. Скармливание поросятам-сосунам фуражного корма с величиной частиц в среднем 0,45 мм существенно замедляет рост и уменьшает привес на 11,9% по сравнению с величиной частиц 1 мм. Поросята-отъемыши теряют 9,9% привеса при скармливании корма с величиной частиц 0,44 мм по сравнению с кормом, содержащим частицы 0,93 мм. В этом случае они затрачивают больше корма на 6,6 – 7,7%; питательного протеина – на 7,4 – 7,7%; кальция – на 8,5 – 10,3%; фосфора – на 7,9 – 9,0%, аминокислот – на 6,7 – 9,7%. При скармливании свиньям в возрасте от 4 до 6 месяцев эффективным является корм со средним модулем помола – 1,4 мм. Пылевидная фракция, содержащаяся в комбикорме, вызывает у свиней язвы пищевода и желудка.

Скармливание свиньям зерна крупного помола (свыше 1,8 мм) приводит к снижению продуктивности животных, увеличению затрат корма на единицу продукции. Откормочные свиньи, получая крупноразмолотый ячмень, затрачивают на 1 кг прироста до 10 кг зерна, а при скармливании мелкоразмолотого – 5 кг, т.е. в два раза меньше [3, 4].

Приведенные сведения о размере частиц должны являться требованиями к модулю помола фуражного корма для отдельных возрастных групп свиней, что обеспечит высокую эффективность при их использовании в свиноводстве.

Так же установлено существенное влияние модуля помола фуражного зерна на организм телят, на использование питательных веществ и рост животных. Интенсивный рост телят от рождения до шести месячного возраста обеспечивается скармливанием комбикорма с модулем помола 0,7…0,9 мм. При скармливании телятам в возрасте от одного до трех месяцев комбикорма с модулем помола 0,4…0,6 мм снижается среднесуточный привес на 17%, перерасход корма составил 15,4%, а затраты перевариваемого протеина на 15% больше.

Для КРС рекомендуется крупный и средний модуль помола зерна (величина частиц 1,5…2,0 мм). При тонком помоле у пшеницы снижаются вкусовые качества, вследствие высокого содержания пылевидной фракции она становится липкой, что ухудшает ее поедаемость [4, 5].

Экономическая эффективность использования кормов для выращивания кур с различным модулем помола также оказывается различной.

Крупность частиц корма не только влияет на привес кур, но и на их сохранность: при скармливании корма с частицами 0,64…0,7 мм, сохранность составляет 87,4%, а с 1,27…1,44 мм – 91 – 93%. Привесы цыплят на 6,6% выше и затраты корма на 16,5% ниже при скармливании корма с размером частиц 0,64…0,7 мм по сравнению с 1,27…1,44 мм.

Список использованных источников

1. Сборник зоотехнических и технических требований на комплекты машин и оборудования для комплексной электромеханизации животноводческих и птицеводческих ферм / Всесоюз. акад. с.-х. наук. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т электрификации сел. хоз-ва. – М. : Отд. внедрения и информации, 1969. – 131 с.

2. Синельников, В. М. Концептуальные подходы к инновационному обновлению кластера молочного скотоводства / В. М. Синельников, А. И. Попов, Н. М. Гаджаров // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2019. – № 1(71). – С. 86 – 94.

3. Соколов, А. Я. Технологическое оборудование элеваторов, мельниц, крупяных и комбикормовых заводов / А. Я. Соколов. – М. : Загодиздат, 1984. – 384 с.

4. Рекомендации по заготовке и использованию высоковлажного фуражного зерна: Рекомендации / Институт аграрной экономики НАН Беларуси; Ю. Ф. Лачуга и. др. – М. : РАСХН, ГНУ ВНИИМЖ, ГПУ ВИЭСХ, ГНУ СЗ НИИМЭСХ, ГУ НИИСХ СВ им. Н. В. Рудницкого, 2006. – 131 с.

5. Щеглов, В. В. Корма. Приготовление, хранение, использование : справочник / В. В. Щеглов, Л. Г. Боярский. – М. : Агропромиздат, 1990. – 255 с.

6. Булатов, А. Н. Основы животноводства / А. Н. Булатов. – Курган, 1993. – 271 с.

References

1. Collection of zootechnical and technical requirements for sets of machines and equipment for complex electromechanization of livestock and poultry farms / All-Union. Acad. of agricultural Sciences. All-Union. Scientific-research. in-t electrification of villages. khoz-VA. – M. : Otd. introduction and information, 1969. – 131 p.

2. Sinelnikov, V. M. Conceptual approaches to innovative renewal of the dairy cattle breeding cluster / V. M. Sinelnikov, A. I. Popov, N. M. Gajarov // Questions of modern science and practice. Vernadsky University. – 2019. – № 1(71). – P. 86 – 94.

3. Sokolov, A. Ya. Technological equipment of elevators, mills, cereals and feed plants / A. Ya. Sokolov. – Moscow : Saudisat, 1984. – 384 p.

4. Recommendations for the preparation and use of high-moisture feed grain: Recommendations / Institute of Agricultural Economics of the National Academy of Sciences of Belarus; Yu. f. Lachuga [I. d.]. – Moscow: RASKHN, GNU VNIIMZH, GPU resh, GNU Sz NIIMESH, GU niish SV named after N. V. Rudnitsky, 2006. – 131 p.

5. Shcheglov V. V., Boyarsky L. G. Korma. Preparation, storage, and use. Handbook. – M. : Agropromizdat, 1990. – 255 p.

6. Bulatov, A. N. Fundamentals of animal husbandry. – Kurgan, 1993, 271 p.

УДК 532.61.08: 53.082.36

Т. М. Полякова, А. П. Савенков
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: savencow@yandex.ru

О РЕЖИМЕ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В БЕСКОНТАКТНОМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ МЕТОДЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ

Аннотация. Представлено уточнение параметров режима течения газа в бесконтактном аэродинамическом методе измерений поверхностного натяжения.

Ключевые слова: бесконтактные измерения, поверхностное натяжение, ламираные осесимметричные струи, газовые микроструи.

T. M. Polyakova, A. P. Savenkov
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

ON THE CONDITIONS OF GAS FLOW IN THE NON-CONTACT AEROHYDRODYNAMIC METHOD OF SURFACE TENSION MEASUREMENTS

Abstract. Clarification of gas flow mode parameters in non-contact aerodynamic method of surface tension measurements is presented.

Keywords: contactless measurements, surface tension, axisymmetric jets, gas microjets.

На основании поверхностного натяжения возможно прогнозировать способность к смачиванию жидкости поверхности твердого тела для отдельных систем «жидкость–твердое тело». Хорошее смачивание поверхностей твердых тел необходимо для растворов инсектицидов в сельском хозяйстве.

В настоящее время разрабатывается бесконтактный аэродинамический метод измерений поверхностного натяжения. Этот метод заключается в определении поверхностного натяжения по интенсивности струйного воздействия (избыточному давлению P перед диафрагмой), необходимого для достижения заданной степени деформации поверхности контролируемой жидкости. Степень деформации определяется по размерам пятна, отраженного на экране лазерного света, сфокусированного вогнутой поверхностью углубления на поверхности жидкости. Устройство для реализации этого метода и принцип его работы подробно описан в статье [1].

В работе использовались два критерия определения заданной степени деформации поверхности жидкости. Первый критерий определяется по минимальной площади пятна излучения. Второй критерий достигается равенством размеров пятна линейному размеру, заданному специальными метками.

Для снижения влияния плотности контролируемой жидкости на результаты измерений поверхностного натяжения используется сравнительно слабое аэродинамическое воздействие (порядка 50 Па). Погрешность измерения таких давлений, например, жидкостным микроманометром, составляет 10%. Для повышения точности измерений давления целесообразно увеличивать значение давления P при неизменной силе действия газовой струи на поверхность жидкости.

Один из способов увеличение давления P – это уменьшение диаметра d отверстия истечения. Было выявлено значительное увеличение давления для каждого из критериев при уменьшении диаметра с 0,27 мм до 0,14 мм.

Установлено, что давление P возрастает как при уменьшении диаметра d, так и при увеличении расстояния H. На рисунке 1 представлена зависимость изменения давления P от расстояния H для двух критериев с отверстием истечения 0,14 мм.

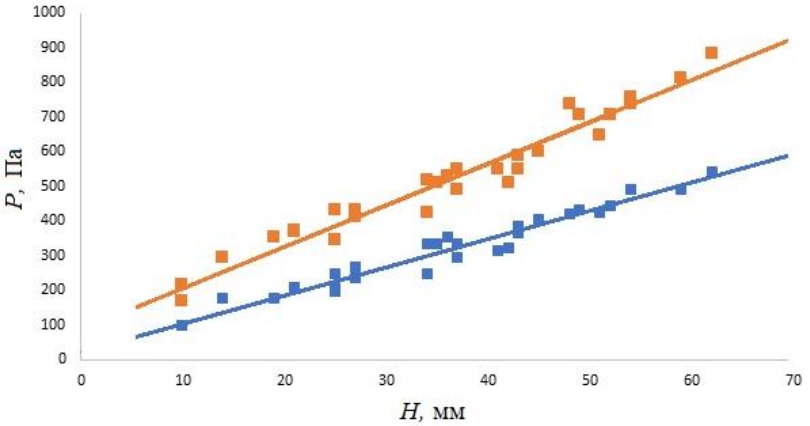


Рис. 1. Зависимость давления P перед отверстием истечения от расстояния H между ним и поверхностью жидкости при задании степени деформации поверхности жидкости по первому (■) и второму (■) критериям

Полученные данные свидетельствуют о линейной зависимости давления P от расстояния H. Силовое действие газовой струи ослабевает на расстоянии до жидкости и приводит к необходимости увеличения давления P для возникновения заданных степеней деформации. На большом расстоянии газовая струя не вызывает колебаний на поверхности жидкости, что не затрудняет определение степени ее деформации. Следовательно, для повышения давления P перед отверстием истечения целесообразно увеличивать расстояние H.

Эксперименты по оценке диаметра струи вблизи поверхности жидкости, реализованные путем введения преграды на пути распространения струи и наблюдений за изображением на экране, показали, что струя при всех исследованных расстояниях H остается ламинарной. Отношение длины к диаметру для полученных ламинарных струй составляет не менее 400 в диапазоне изменения числа Рейнольдса от 200 до 300. Такая дальнобойность на порядок выше значений отношения длины к диаметру, полученного в работе [2] для больших чисел Рейнольдса, однако соответствует данным, представленным в работах [3, 4] для диапазона чисел Рейнольдса от 600 до 4000.

Увеличение давления вызывает возрастание числа Рейнольдса и уменьшение длины ламинарного участка струи. Поэтому существует определенное критическое расстояние, выше которого поднимать отверстие над поверхностью жидкости нецелесообразно. Определение критического значения расстояния выходит за рамки настоящей работы, так как полученное в ходе проведенных исследований давление позволяет измерять его со сравнительно высокой точностью. Например, для второго критерия при расстоянии H = 40 мм давление P составляет более 500 Па, что обеспечивает относительную погрешность его измерения выше 1%.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-08-31060-мол_а.

Список использованных источников

1. Бесконтактный метод измерения поверхностного натяжения / М. М. Мордасов, А. П. Савенков, М. Э. Сафонова, В. А. Сычев // Измерительная техника. – 2018. – № 6. – С. 55 – 60.

2. Градецкий, В. Г. Исследование элемента типа «трубка–трубка» с ламинарным питающим капилляром / В. Г. Градецкий, В. Н. Дмитриев // Приборы и системы управления. – 1957. – № 2. – С. 10 – 12.

3. Экспериментальное исследование затопленных струй при низких числах Рейнольдса / В. В. Леманов, В. И. Терехов, К. А. Шаров, А. А. Шумейко // Письма в ЖТФ. – 2013. – Т. 39, Вып. 9. – С. 34 – 40.

4. Леманов, В. В. Дальнобойность дозвуковых осесимметричных струй воздуха и гелия / В. В. Леманов // XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: сб. статей. – Казань, 2015. – С. 2293 – 2295.

References

1. Contactless method for measuring surface tension / M. M. Mordasov, A. P. Savenkov, M. E. Safonova, V. A. Sychev // Izmeritelnaya tekhnika. – 2018. – № 6. – P. 55 – 60.

2. Gradetsky, V. G. Study of a tube-tube element with a laminar feed capillary / V. G. Gradetsky, V. N Dmitriev // Pribori i systemi upravleniya. – 1957. – № 2. – P. 10 – 12.

3. Experimental study of flooded jets at low Reynolds numbers / V. V. Lemanov, V. I. Terekhov, K. A. Sharov, A. A. Shumeyko // Pisma v ZHTF. – 2013. – T. 39, Figure 9. – P. 34 – 40.

4. Lemanov, V. V. Range of subsonic axisymmetric jets of air and helium / V. V. Lemanov // XI Vserossiysky syezd po fundamentalnim problemam theoretischeskoy i prikladnoy mechaniki. – Kazan, 2015. – P. 2293 – 2295.

УДК 532.61.08: 53.082.36

Т. М. Полякова, А. П. Савенков, К. Е. Чечетов
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
Тамбов, Россия, e-mail: savencow@yandex.ru

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗДЕЛА ГАЗ–ЖИДКОСТЬ

Аннотация. Представлены быстрые алгоритмы поиска темной области в одном из каналов восьмибитного RGB-изображения и определения геометрических размеров этой области.

Ключевые слова: техническое зрение, детектирование объектов, бесконтактные измерения, поверхностное натяжение.

T. M. Polyakova, A. P. Savenkov, K. E. Chechetov
(Tambov StateTechnical University, Tambov, Russia)

COMPUTER VISION SYSTEM FOR MONITORING GAS-LIQUID INTERFACES

Abstract. Fast algorithms for finding a dark region in one of the channels of an eight-bit RGB image and determining the geometric dimensions of this region are presented.

Keywords: technical vision, object detection, contactless measurements, surface tension.

Способность к смачиванию жидкости поверхности твердого тела для отдельных систем «жидкость–твердое тело» возможно прогнозировать на основании поверхностного натяжения жидкости [1]. Хорошее смачивание поверхностей твердых тел необходимо для растворов инсектицидов в сельском хозяйстве.

В настоящее время разрабатывается бесконтактный метод измерения поверхностного натяжения, основанный на физических эффектах разной природы [2]. В этом методе определяют геометрические параметры взаимодействия струи газа с прозрачной жидкостью по фотографиям поверхности раздела. Фотографии поверхности раздела получены теневым способом, заключающимся в просвечивании жидкости горизонтальным коллимированным лучом света с получением изображения углубления на полупрозрачном экране [3].

В статье описаны алгоритмы системы технического зрения для измерения параметров поверхности раздела газовой и жидкой фаз по изображениям, полученным теневым методом.

На рисунке 1 представлен результат определения размеров углубления, сформированного газовой струей на поверхности жидкости. Углубление осесимметрично, его основным геометрическим параметром является высота *h*. Черная область над белой линией – изображение менисков, образующихся на краях емкости, черная область, ограниченная белой линией и точками, – изображение углубления.

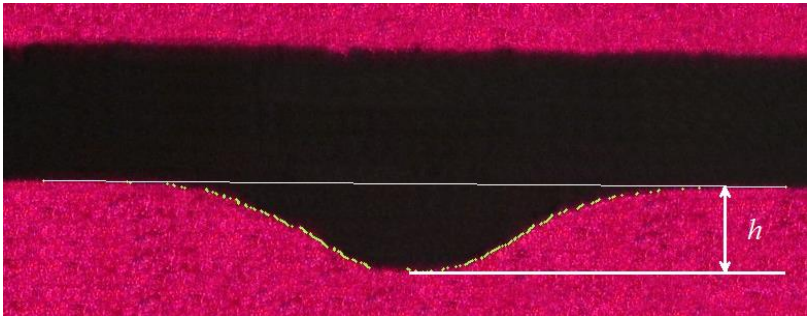


Рис. 1. Результат определения размеров углубления при помощи системы технического зрения

Размеры углубления определяются в пикселях. Калибровка системы технического зрения проводится по непрозрачному прямоугольнику с известными размерами [4].

Перед определением границ углубления или прямоугольника на их изображениях проводится получение гистограммы. Гистограмма составляется по одному из каналов восьмибитного трехканального RGB-изображения, в зависимости от цвета используемого лазера.

На рисунке 1 четко видны границы раздела фаз, газовая фаза имеет меньшую яркость, чем жидкая. Для определения черных областей на изображении по полученной гистограмме проводится определение граничной яркости [3].

После выполняется поиск черной области, алгоритм которого был подробно описан ранее, в работе [4].

Для нахождения формы, образующей углубления на первом этапе, проводится поиск его нижней точки. От первой полученной в темной области точки реализуется попиксельное перемещение вниз, до границы со светлой областью. Далее реализуется движение до границ влево и вправо из точки, на один пиксель выше полученной. После этого находится среднее арифметическое горизонтальных координат в полученных точках и снова осуществляется движение вниз из полученной точки. После определения границы вновь выполняются перемещения влево

и вправо. Этот цикл повторяется до того момента, когда не будет возможности реализовывать перемещения до границ темной области (рис. 2, *а*).

Алгоритм нахождения образующей углубления [4] был усовершенствован. Образующая углубления соответствует границе между темной и светлой областями на изображении. Эта граница находится анализом соседних пикселей со сдвигом вправо и влево от нижней точки углубления. Алгоритм анализирует пиксели, находящиеся рядом с начальным. Если яркость одного из соседних пикселей больше граничной яркости, то за начальную точку принимается соседний ему пиксель с яркостью, меньше граничной. И таким образом, алгоритм передвигается попиксельно по границе темной области, до тех пор, пока не будут достигаться боковые границы изображения (рис. 2, *б*). Новый алгоритм нахождения образующей, на порядок быстрее предыдущего и затрачивает меньше вычислительных ресурсов.

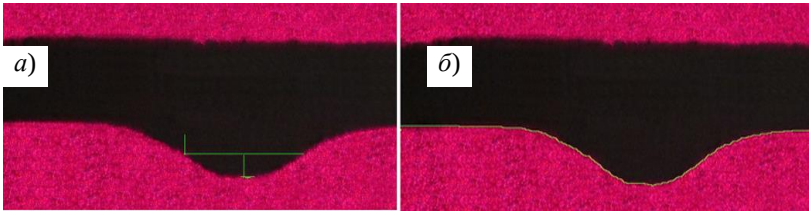


Рис. 2. Иллюстрация алгоритма нахождения нижней точки углубления (*а*); иллюстрация алгоритма образующей углубления (*б*)

Предложенный алгоритм может быть использован для измерения высоты углублений на изображениях, полученных теневым методом. Помимо этого, имеет возможность находить и детектировать края темных участков на изображении, которые могут представлять из себя как правильные геометрические фигуры, так и неправильные формы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-08-31060-мол_а.

Список использованных источников

1. Зимон, А. Д. Адгезия жидкости и смачивание / А. Д. Зимон // М. : Химия, 1974. – 416 с.

2. Мордасов, М. М. Аэродинамическое измерение поверхностного давления / М. М. Мордасов, А. П. Савенков, К. Е. Чечетов // Измерительная техника. – 2018. – № 6. – С. 50 – 55.

3. Мордасов, М. М. Измерение геометрических параметров поверхностей раздела газожидкостных систем / М. М. Мордасов, А. П. Савенков // Измерительная техника. – 2015. – № 7. – С. 47 – 49.

4. Полякова, Т. М. Простые алгоритмы детектирования и определения размеров объектов на контрастных изображениях / Т. М. Полякова, А. П. Савенков, К. Е. Чечетов // Управление большими системами: сб. науч. ст. молод. учен. и студентов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2019. – С. 368 – 372.

References

1. Simon, A. D. Liquid adhesion and wetting / A. D. Simon. – M. : Himiya, 1974. – 416 p.

2. Mordasov, M. M. Aerodynamic measurement of surface pressure / M. M. Mordasov, A. P. Savenkov, K. E. Chechetov // Izmeritelnaya tekhnika. – 2018. – №. 6. – P. 50 – 55.

3. Mordasov, M. M. Measurement of geometric parameters of interfaces of gas-liquid systems / M. M. Mordasov, A. P. Savenkov // Izmeritelnaya tekhnika. – 2015. – №. 7. – P. 47 – 49.

4. Polyakova T. M. Simple algorithms for detecting and determining the size of objects in contrast images / T. M. Polyakova, A. P. Savenkov, K. E. Chechetov // Upravleniye bolshimi systemami. – 2019. – P. 368 – 372.

УДК 634.17: 631.171: 664.85

А. Г. Сагингалиева[1], Г. С. Гумаров[2],
[1] (Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, Уральск, Казахстан, e-mail: gas9-7@bk.ru);
[2] (Западно-Казахстанский государственный университет им. М. Утемисова, Уральск, Казахстан, e-mail: ggs65@yandex.ru)

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ЯГОД БОЯРЫШНИКА К ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ

Аннотация. В статье представлена технология и описывается разработанная авторами технологическая схема подготовки ягод дикорастущего боярышника к глубокой переработке.

Ключевые слова: боярышник, переработка, продукты, производство, технологическая схема, ягода.

A. S. Sagingaliyeva[1], G. S. Gumarov[2]
[1] (Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University);
[2] (Makhambet Utemisov West Kazakhstan State University, Uralsk, Kazakhstan)

TECHNOLOGY FOR PREPARING HAWTHORN BERRIES FOR DEEP PROCESSING

Abstract. The article presents the technology and describes the technological scheme developed by the authors for preparing wild hawthorn berries for deep processing.

Keywords: hawthorn, processing, product, production, technological scheme, berry.

Проблема дефицита продуктов, жизненно необходимых для нормального развития человечества, имеет глобальный характер. В то же время, если в одних странах население страдает от голода и недоедания, то в других стремятся достичь гармоничного рациона питания, в том числе и путем обогащения продуктов питания биологически активными компонентами. Обогащение продуктов питания позволяет улучшить многие физиологические процессы в организме человека, повысить его защитные функции на неблагоприятные воздействия окружающей экосистемы, снижая или нейтрализируя различные риски, связанные с сохранением здоровья. Одним из реально возможных путей практического решения этого актуального вопроса является вовлечение в хозяйственно-производственную деятельность человека экологически безопасных нетрадиционных природных сырьевых ресурсов растительного происхождения, а именно, дикорастущих плодовых и ягодных растений.

Территория стран Евразийского экономического сообщества располагает богатыми массивами дикорастущих плодоносных растений, среди которых особое место занимает «райское яблоко», т.е. боярышник.

В настоящее время практика применения боярышника имеет широкий спектр, но в ограниченных масштабах [1]. Вместе с тем в последние десятилетия появились научные публикации о разработке технологии булочных и мучных кондитерских изделий с использованием продуктов переработки плодов боярышника. И это, безусловно, расширяет потенциал возможностей для увеличения ассортимента продуктов питания профилактического назначения. Назрел вопрос адаптирования для целей промышленного производства разработанных технологий и рецептур булочных и мучных кондитерских изделий с использованием продуктов переработки ягод дикорастущего боярышника. Известны аппаратно-технологические схемы переработки плодов боярышника, и они относятся к химико-фармацевтической промышленности, в частности, к производству лекарственных средств. Кроме того, известны технологические линии производства широко известных плодово-ягодных вин, морсов и натуральных соков [2].

Несмотря на возможность необходимых объемов заготовок, высокую пищевую ценность и технологичность ягод дикорастущего боярышника, в научно-технической литературе редко встречаются исследования, напрямую связанные с применением его в пищевом производстве [3]. Известно, что были разработаны опытные аппаратно-технологические схемы производства порошка из плодов боярышника, которые имеют определенные недостатки. А именно, нарушена логическая последовательность операции. В результате, наблюдается снижение качества сырья или конечного продукта производства.

Технологию различных процессов принято условно изображать в виде технологических схем, определяющих состав и последователь-

ность операций с обозначением логических связей между ними. На основе анализа имеющихся исследований нами разработана технологическая схема подготовки ягод дикорастущего боярышника к глубокой переработке (рис. 1). Свежесобранные ягоды боярышника выгружаются в моечную машину. Откуда ягоды подаются в приемный (загрузочный) бункер сортировочно-инспекционного транспортера.

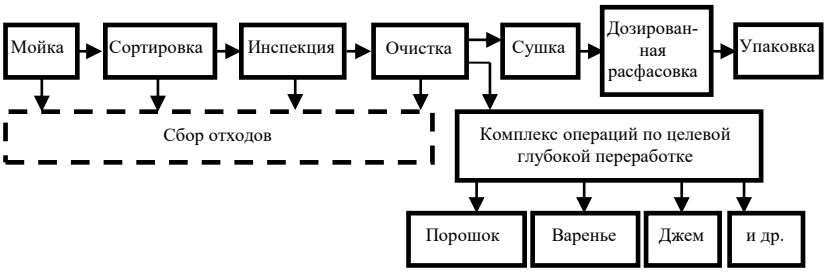


Рис. 1. Технологическая схема подготовки ягод дикорастущего боярышника к глубокой переработке

Некондиционный продукт отбирается вручную и сбрасывается в емкость для отходов. Кондиционный продукт после сортировки поступает на очистку от плодоножек и чашелистиков. Сушку плодов боярышника можно осуществлять различными известными способами. После сушки целые плоды поступают на дозированную расфасовку в специально подготовленные пищевые упаковки. В последующем упакованная продукция отгружается на склад для предпродажного хранения или поставляется непосредственно покупателям.

Для получения из плодов боярышника порошка, варенья, джема и другой готовой продукции, необходимо после очистки ягод осуществить комплекс операций по целевой глубокой переработке плодов боярышника.

Таким образом, разработанная схема технологического процесса подготовки ягод боярышника к глубокой переработке дает представление о перечне, типах и технических характеристиках машин и оборудования, их взаимоувязанной технологической связи, взаиморасположении и позволяет перейти к технологическому расчету.

Список использованных источников

1. Сагингалиева, А. Г. Практика применения боярышника / А. Г. Сагингалиева, Г. С. Гумаров, А. Б. Абуова // Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Нур-Султан, 2019. – С. 93 – 96.

2. Куркина, А. В. Флавоноиды фармакопейных растений: монография / А. В. Куркина. – Самара : ООО «Офорт» ГБОУ ВПО СамГМУ Минздравсоцразвития России, 2012. – 290 с.

3. Джабоева, А. С. О возможности использования плодов дикорастущего боярышника в производстве продуктов функционального назначения / А. С. Джабоева, А. С. Кабалоева, Л. Г. Шаова // Экология и жизнь: материалы VI Международной конференции. – Пенза, 2005. – С. 87–88.

References

1.Sagingalieva, A. G. Practice of hawthorn application / A. G. Sagingalieva, G. S. Gumarov, A. B. Abuova // Science and education in the modern world: challenges of the XXI century : materials of the V International conference. scientific-practical Conf. – Nur-Sultan, 2019. – P. 93 – 96.

2. Kurkin, A. V. Flavonoids of plants of the Pharmacopoeia: monograph / A. V. Kurkin. – Samara : OOO "Etch" SBOU VPO SamSMU Ministry of health and social development of Russia, 2012. – 290 p.

3. Dzhaboeva, A. S. On the possibility of using wild hawthorn fruits in the production of functional products / A. S. Dzhaboeva, A. S. Kabaloeva, L. G. Shaova // Ecology and life: proceedings of the VI International conference. – Penza, 2005. – P. 87–88.

УДК 62-525

Т. В. Синюкова, А. В. Лихачев, А. В. Синюков
(ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»,
Липецк, Россия, кафедра «Электропривод»,
e-mail: stw0411@mail.ru, zeitsn@yandex.ru)

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗАГРУЗКИ ВАГОНОВ ЗЕРНОМ

Аннотация. Рассмотрена автоматизация системы загрузки вагонов за счет установки программируемого логического контроллера, датчиков и панели оператора. Приведена блок-схема работы программы для управления загрузкой в промежуточный бункер.

Ключевые слова: система загрузки, бункер, автоматизация, Codesys, алгоритм работы.

T. V. Sinyukova, A. V. Likhachev, V. A. Sinyukov
(Lipetsk State Technical University,
Department of Electric Drive, Lipetsk, Russia)

IMPROVING THE SYSTEM FOR LOADING GRAIN WAGONS

Abstract. Automation of the car loading system by installing a programmable logic controller, sensors, and operator panel is Considered. The flow diagram of the program for managing loading to the intermediate hopper is shown.

Keywords: loading system, hopper, automation, Codesys, algorithm of operation.

Модернизация действующих объектов является актуальной темой для рассмотрения [1].

Система загрузки вагона сыпучими грузами – это комплекс оборудования, состоящий из завальной ямы, задвижек, управляющих подачей груза, норий, скребковых транспортеров, промежуточного бункера и задвижек, управляющих подачей груза в вагон. Промежуточный бункер предназначен для уменьшения времени загрузки вагона за счет накопления груза во время перегонки, подготовки вагонов и забора проб.

Система загрузки вагона работает в ручном режиме, что может привести к аварийным ситуациям в случае ошибок оператора, в случае остановки транспортера до закрытия приемной задвижки и выработки поступившего в транспортеры зерна может привести к засыпанию одного из транспортеров зерном и невозможности повторного запуска до очистки транспортера. Для упрощения эксплуатации и снижения вероятности ошибок и, как следствие, возникновения аварийных ситуаций, необходимо автоматизировать данный процесс, установив автоматические приемные задвижки, автоматизировать управление транспортерами и задвижками. Необходимо реализовать автоматическую систему управления со следующим алгоритмом работы:

– запуск транспортеров:
а) запуск продольных скребковых транспортеров;
б) запуск поперечных скребковых транспортеров;
в) запуск норий;
– открытие задвижек к транспортерам;
– заполнение промежуточного бункера транспортерами;
– закрытие задвижек к транспортерам;
– выключение транспортеров:
а) выключение норий;
б) выключение поперечных скребковых транспортеров;
в) выключение продольных скребковых транспортеров.

В качестве модернизации предложена установка программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК210-02-CS, сенсорной панели ОВЕН СП310-Р, датчиков уровня сыпучего груза.

Для данного контроллера была написана программа в Codesys 3.5 на языке lad. Блок-схема работы программы представлена на рис. 1, 2.

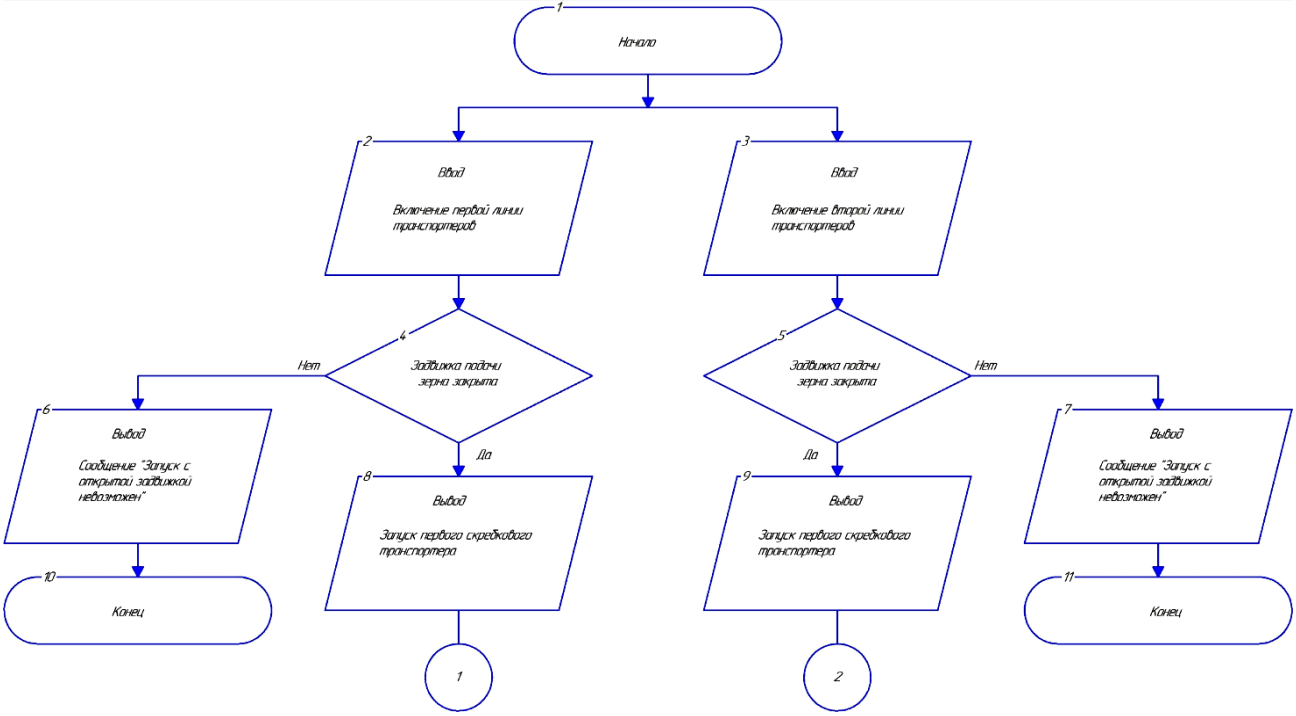
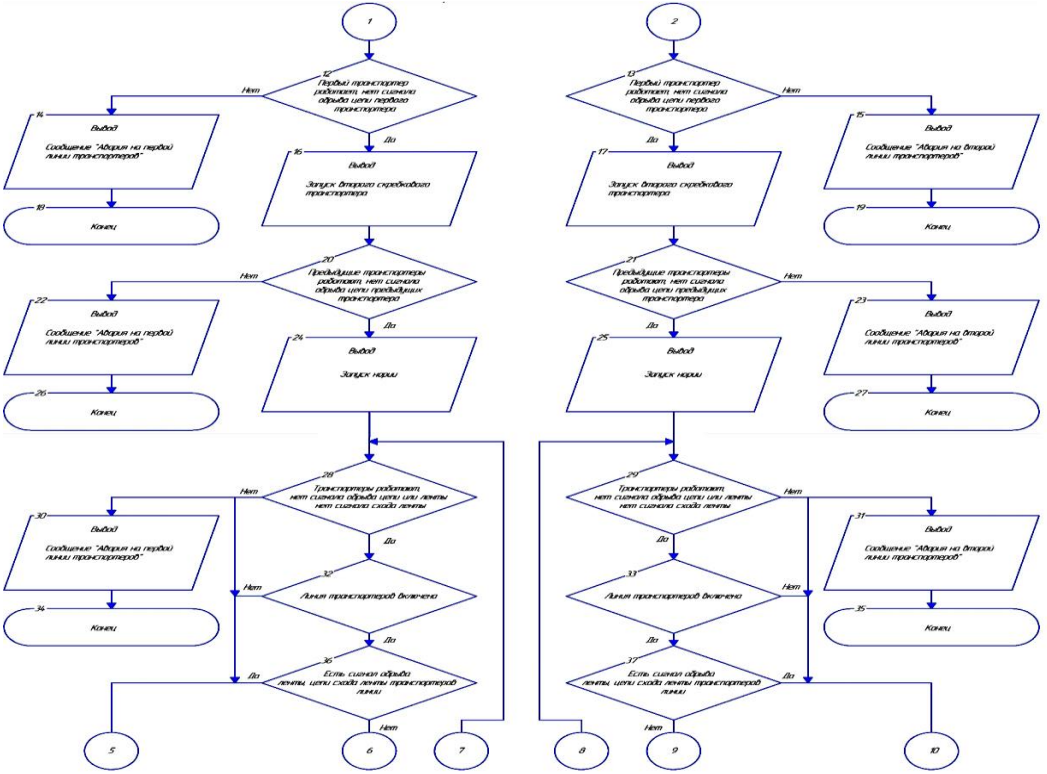


Рис. 1. Блок-схема (начало)


1
2
12
Первый транспортер работает, нет сигнала обрыва цепи первого транспортера
Нет
Да
13
Первый транспортер работает, нет сигнала обрыва цепи первого транспортера
Нет
Да
14
Вывод
Сообщение "Авария на первой линии транспортеров"
15
Вывод
Сообщение "Авария на второй линии транспортеров"
16
Вывод
Запуск второго скребкового транспортера
17
Вывод
Запуск второго скребкового транспортера
18
Конец
19
Конец
20
Предыдущие транспортеры работают, нет сигнала обрыва цепи предыдущих транспортеров
Нет
Да
21
Предыдущие транспортеры работают, нет сигнала обрыва цепи предыдущих транспортеров
Нет
Да
22
Вывод
Сообщение "Авария на первой линии транспортеров"
23
Вывод
Сообщение "Авария на второй линии транспортеров"
24
Вывод
Запуск нории
25
Вывод
Запуск нории
26
Конец
27
Конец
28
Транспортеры работают, нет сигнала обрыва цепи или ленты нет сигнала схода ленты
Нет
Да
29
Транспортеры работают, нет сигнала обрыва цепи или ленты нет сигнала схода ленты
Нет
Да
30
Вывод
Сообщение "Авария на первой линии транспортеров"
31
Вывод
Сообщение "Авария на второй линии транспортеров"
32
Линия транспортеров включена
Нет
Да
33
Линия транспортеров включена
Нет
Да
34
Конец
35
Конец
36
Есть сигнал обрыва ленты, цепи схода ленты транспортеров линии
Да
Нет
37
Есть сигнал обрыва ленты, цепи схода ленты транспортеров линии
Да
Нет
5
6
7
8
9
10

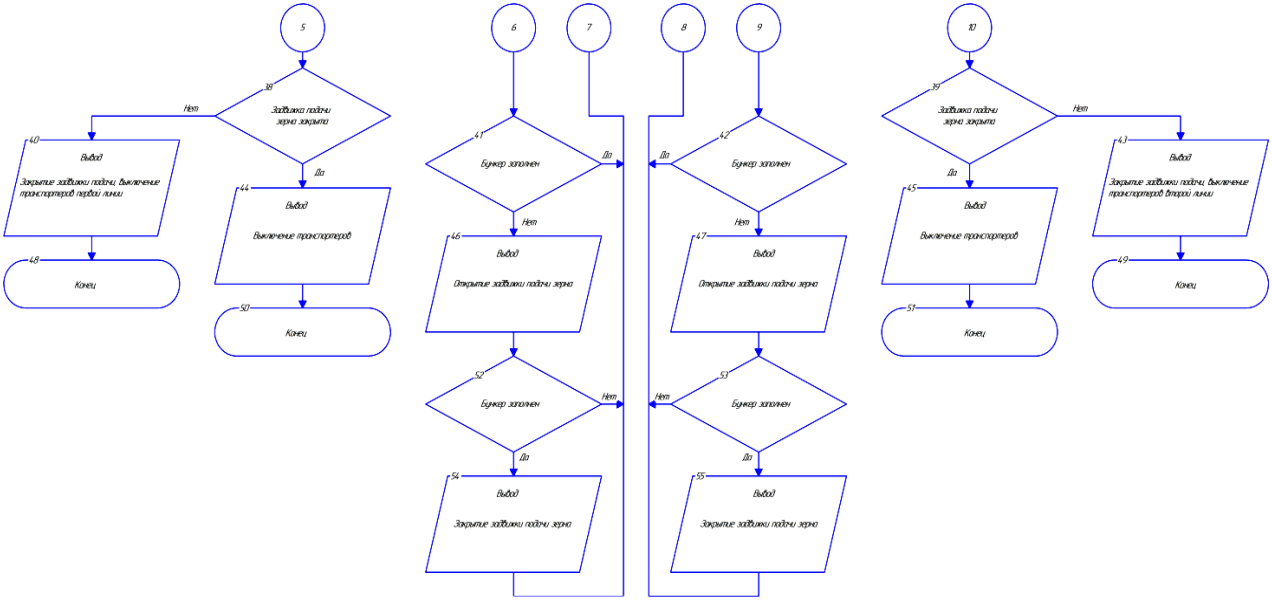


Рис. 2. Блок-схема (окончание)

Вывод: предложенная автоматизация увеличит производительность системы, позволит исключить ошибки в работе обслуживающего персонала, снизит аварийность.

Список использованных источников

1. Синюкова, Т. В. Усовершенствование системы управления роботом / Т. В. Синюкова, А. Ю. Злобин, А. В. Синюков // Тенденции развития современной науки: сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета : в 2-х ч. Часть 1. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2017. – С. 578 – 581.

References

1. Sinyukova, T. V. Improvement of the robot control system / T. V. Sinyukova, A. Yu. Zlobin, A.V. Sinyukov // Trends in the development of modern science: a collection of abstracts of the scientific conference of students and postgraduates of the Lipetsk state technical University in 2 parts. Part 1. – Lipetsk : publishing house of LGTU, 2017. – P. 578 – 581.

УДК 631.46

Д. И. Фролов, М. Н. Родин

(ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», кафедра «Пищевые производства», Пенза, Россия, e-mail: surr@bk.ru)

ЭФФЕКТИВНОЕ БИОУДОБРЕНИЕ НА ОСНОВЕ МИКРОВОДОРОСЛИ

Аннотация. Органические отходы и биоудобрения являются альтернативными источниками для удовлетворения потребностей сельскохозяйственных культур в питательных веществах. Сухие зеленые водоросли содержат высокий процент макронутриентов, значительное количество микроэлементов и аминокислот и их легко культивировать на сточных водах. Семена салата латука (Lactucasativa) проращивали в культуральной среде, содержащей микроводоросль (Chlorellavulgaris) и выращивали в течение 3, 6, 9, 12 и 15 дней, чтобы изучить влияние на параметры роста и некоторые физиологические реакции прорастания и роста семян. Добавление микроводоросли в питательную среду или почву значительно увеличивало свежий и сухой вес проростков, а также содержание пигментов. Лучшие результаты были получены при добавлении 2 и 3 г сухой водоросли на кг почвы.

Ключевые слова: биоудобрение, chlorellavulgaris, микроводоросль, салат латук, микробиологические удобрения, рост растения.

D. I. Frolov, M. N. Rodin
(Penza State Technological University, Department of Food Production, Penza, Russia)

EFFECTIVE BIOFERTILIZER BASED ON MICROALGAE

Abstract. Organic waste and biofertilizers are alternative sources to meet the nutrient needs of crops. Dry green algae contain a high percentage of macronutrients, significant amounts of trace elements and amino acids and are easy to cultivate in wastewater. Lettuce (Lactuca sativa) seeds were germinated in a culture medium containing microalgae (Chlorella vulgaris) and grown for 3, 6, 9, 12 and 15 days to study the effect on growth parameters and some physiological responses of seed germination and growth. The addition of microalgae to the nutrient medium or soil significantly increased the fresh and dry weight of the seedlings, as well as the pigment content. The best results were obtained with the addition of 2 and 3 g dry algae per kg of soil.

Keywords: biofertilizer, chlorella vulgaris, microalgae, lettuce, microbiological fertilizers, plant growth.

Плодородие почвы постепенно уменьшается из-за эрозии почвы, потери питательных веществ, накопления токсичных элементов, заболачивания и неравновесной компенсации питательных веществ [1]. Органические отходы и биоудобрения являются альтернативными источниками для удовлетворения потребностей сельскохозяйственных культур в питательных веществах [2, 3]. Много усилий предпринимается для борьбы с неблагоприятными последствиями химического земледелия.

Биоудобрения стали перспективным направлением в интеграции системы снабжения питательными веществами в сельском хозяйстве. К биоудобрениям относятся в основном азотфиксирующие, фосфатные солюбилизаторы и микроорганизмы, способствующие росту растений. Сухие зеленые водоросли содержат высокий процент макронутриентов, значительное количество микроэлементов и аминокислот. Они могут быть удобно произведены на сточных водах и частично заменены химическими удобрениями, чтобы избежать загрязнения окружающей среды.

Целью работы было изучение влияния свежих и сухих зеленых микроводорослей (Chlorellavulgaris) в качестве добавки к почве на рост и некоторые физиологические реакции проростков салата.

Растительный материал, использованный в этом исследовании: салат латук (lactucasativa). Водорослевая культура. Хлорелла культивируется из штамма Chlorellavulgaris ИФР № С-111 [4].

Питательные среды зеленой микроводоросли после роста водорослей в течение 3, 6, 9, 12 и 15 дней собирали для анализа и аналитических процедур.

После обработки семян салата они были классифицированы на две группы. Первую группу из 50 семян высаживали в чашку Петри, содержащую 10 мл стерилизованной культуральной среды Chlorellavulgaris. Вторую группу из 50 семян помещали в чашку Петри, содержащую 10 мл супернатанта, после центрифугирования в культуральной среде и после выращивания водорослей в течение 3, 6, 9, 12 и 15 дней. В конце эксперимента определяли общую свежую массу, длину побегов и корней на растение. Опыты проводили в трех повторностях.

Культуру водорослей выращивали в двух больших контейнерах (5 л) в течение 7 дней. 1/2, 1, 2 и 3 г свежих клеток водорослей добавляли в горшки с 1 кг почвы перед посевом. Суспензию водорослей во втором контейнере центрифугировали, и клетки водорослей сушили в течение ночи в печи при 105 °C. 1/2, 1, 2 и 3 г сухих клеток водорослей добавляли к другим группам горшков, содержащих 1 кг почвы перед посевом, а затем 20 семян высевали в каждый горшок и помещали в теплицу при 16-часовом фотопериоде при 20…25 °C. После 30 дней посева отбирали образцы каждой обработки для изучения метаболического анализа.

Измерения параметров роста и метаболических аспектов были подвергнуты однофакторному дисперсионному анализу, чтобы проверить разницу между средними, соответствующими уровням водорослей, с помощью программного обеспечения STATISTICA.

Наблюдали рост (количество клеток и пигменты) водорослей через 15 дней. Постепенное увеличение числа клеток было зарегистрировано через 3, 6, 9, 12 и 15 дней. Пигмент (хлорофилл А, хлорофилл В и каротиноиды) и общее количество пигментов увеличивались через 3, 6, 9, 12 и 15 дней. Это увеличение было очень значительным ($p < 0,0001$).

Результаты параметров роста, полученные для прорастания семян салата, подвергнутых воздействию питательных сред после выращивания микроводорослей в течение 3, 6, 9, 12 и 15 дней обработки, показали, что свежий вес и содержание хлорофилла наиболее заметно увеличились ($p < 0,0001$) через 3, 6, 9, 12 и 15 дней по сравнению с контрольной группой, в то время как сухой вес, длина побегов и корня не показали выраженного увеличения, за исключением после 3-го дня. Лучшие результаты были получены при добавлении 2 и 3 г сухой водоросли на кг почвы.

References

1. Abdel-Raouf N. Agricultural importance of algae / N. Abdel-Raouf, A. A. Al-Homaidan, I. B. M. Ibraheem // African Journal of Biotechnology. – 2012. – Т. 11, №. 54. – С. 11648 – 11658.

2. Hegazi, A. Z. Influence of different cyanobacterial application methods on growth and seed production of common bean under various

levels of mineral nitrogen fertilization / A. Z. Hegazi, S. S. M. Mostafa, H. M. I. Ahmed // Nature and Science. – 2010. – Т. 8, № 11. – С. 183 – 194.

3. Шалыго Николай. Микроводоросли и цианобактерии как биоудобрение // Наука и инновации. 2019. – № 3(193). – С. 10 – 12.

4. Волшенкова, Е. С. Возможность применения суспензии хлореллы как альтернатива антибиотикам в животноводстве / Е. С. Волшенкова, Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2018. – № 2(15). – С. 19 – 22.

References

1. Abdel-Raouf N., Al-Homaidan A. A., Ibraheem I. B. M. Agricultural im-portance of algae // African Journal of Biotechnology. – 2012. – Т. 11, No. 54. – P. 11648 – 11658.

2. Hegazi A. Z., Mostafa S. S. M., Ahmed H. M. I. Influence of different cyanobacterial application methods on growth and seed production of common bean under various levels of mineral nitrogen fertilization // Nature and Science. – 2010. – Т. 8, No. 11. – P. 183 – 194.

3. ShalygoNikolay. Microalgae and cyanobacteria as biofertilizer // Science and innovations. 2019. – No. 3(193). – P. 10 – 12.

4. Volshenkova E. S., Frolov D. I. Possibility of using chlorella suspension as an alternative to antibiotics in animal husbandry // Innovative Technique and Technology. – 2018. – No. 2(15). – P. 19 – 22.

УДК 361.363.7

К. П. Фудин
(ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза, Россия)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ВЫСОТЫ И КОЛИЧЕСТВА ЛОПАСТЕЙ НА ПОТРЕБЛЯЕМУЮ МОЩНОСТЬ БАРАБАННОГО СМЕСИТЕЛЯ

Аннотация. Целью работы является установление функциональной зависимости влияния количества лопастей и их высоты на затраты мощности у барабанного смесителя на основе модернизированного смесителя BR-260 при приготовлении сыпучей концентрированной кормосмеси. В работе представлено описание исследуемого модернизированного смесителя BR-260 и методика исследования влияния высоты установленных лопастей и их количества на потребляемую мощность барабанным смесителем. Установлена адекватная регрессионная степенная зависимость мощности привода барабанного смесителя от высоты установленных лопастей и их количества. Изменение высоты лопастей увеличивает мощность привода барабана порядка 2%, что несущественно. Наименьшие значения потребления энергии наблюдаются при 4 – 6 лопастях и минимальной высоте лопастей и составляют 526 Вт.

Ключевые слова: мощность, привод барабана, барабанный смеситель.

K. P. Fudin
(Penza State Technological University, Penza, Russia)

RESULTS OF RESEARCH ON THE INFLUENCE OF THE HEIGHT AND NUMBER OF BLADES ON THE POWER CONSUMPTION OF THE DRUM MIXER

Abstract. The aim of the work is to establish the functional dependence of the influence of the number of blades and their height on the power consumption of a drum mixer based on the modernized mixer BR-260 when preparing a free-flowing concentrated feed mixture. The paper presents a description of the investigated modernized mixer BR-260 and a technique for studying the effect of the height of the installed blades and their number on the power consumption of the drum mixer. An adequate regression power-law dependence of the drum mixer drive power on the height of the installed blades and their number has been established. Changing the height of the blades increases the drum drive power by about 2%, which is not significant. The smallest values of energy consumption are observed with 4 – 6 blades and the minimum blade height, and are 526 W.

Keywords: power, drum drive, drum mixer.

Производство высококачественных комбикормов является одной из приоритетных задач для увеличения продуктивности сельскохозяйственных животных. Из-за недостаточного объема и низкого качества их смесей, скармливаемых животным, генетический потенциал сельскохозяйственных животных реализуется всего на 45 – 65%. Обеспечение питательными и биологически активными веществами необходимо для высокой интенсивности протекания физиологических и биохимических процессов в их организмах. Примерно 56% выращенного в России фуражного зерна перерабатывается на комбикормовых заводах, а остальная часть перерабатывается непосредственно в хозяйствах с образованием кормовых смесей [1,2].

Не всегда качественно перемешивать компоненты могут выпускаемые промышленностью смесители. При этом процесс смесеприготовления весьма трудоемкий, а конструкции смесителей сложные и дорогостоящие [2 – 5]. Поэтому потребителям необходимы смесители с низкой стоимостью, однако способные приготавливать качественные смеси. Изготовление кормосмесей в небольших индивидуальных хозяйствах можно осуществлять, используя смесители периодического действия барабанного типа, так как данные смесители обладают простотой конструкцией и низкой энергоемкостью процесса смешивания. По рыночной цене приобретения они наиболее привлекательные [6, 7]. Барабанные смесители обладают различной номенклатурой и имеют широ-

кое распространение в строительстве [6]. При этом указанные устройства можно использовать и для приготовления комбикормов [8].

Целью работы является установление функциональной зависимости влияния количества лопастей и их высоты на затраты мощности у барабанного смесителя на основе модернизированного смесителя BR-260 при приготовлении сыпучей концентрированной кормосмеси.

Методика исследования. Исследуемый смеситель (рис. 1) BR-260 [7] состоит из барабана *4*, установленного на опорах *2*, *9*, электропривода *6*, состоящего из двигателя и ременной передачи. Наклон барабана регулируется при помощи механизма *5* фиксации и опрокидывания барабана. На торце наружной поверхности рабочей емкости барабана *4* закреплен зубчатый венец *3*. С его помощью передается вращение на барабан от электропривода *6*. Внутри емкости болтовыми соединениями крепятся радиальные лопасти, закрепленные на стенках барабана. Лопасти представляют собой углообразные элементы, состоящие из плоских пластин [2].

Методика исследования мощности на привод барабанного смесителя предусматривала экспериментальное определение числовых значений затрачиваемой мощности на привод смесителя. В процессе реализации плана эксперимента по определению потребляемой мощности смесителем определялись величины силы тока и напряжения у электродвигателя привода смесителя [2].

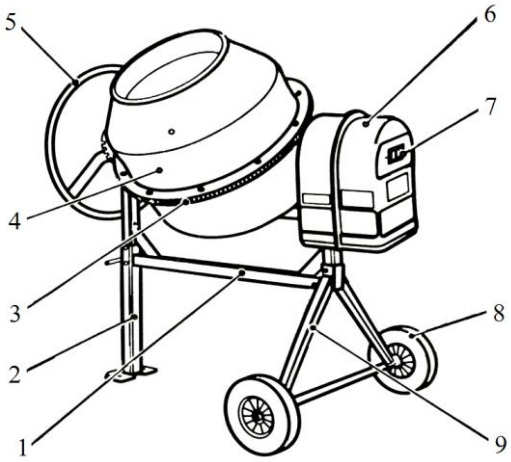


Рис. 1. Исследуемый смеситель барабанного типа периодического действия:
1 – рама; *2* – опора левая; *3* – венец; *4* – барабан; *5* – механизм фиксации и опрокидывания барабана; *6* – электропривод; *7* – блок управления; *8* – колесо; *9* – опора правая

По результатам произведения указанных величин рассчитана потребляемая мощность в каждом опыте. В качестве контрольной смеси, загружаемой в смеситель, использовалась зерновая дерть плотностью 640 кг/м^3, массой 50кг. Частота вращения мешалки соответствовала 29,5 мин$^{-1}$. Количество лопастей устанавливалось – 2, 4, 6, 8 шт. Высота лопастей – 125, 150, 175 мм. Угол наклона емкости смесителя в эксперименте соответствовал 15°. Обработка полученных результатов исследования для получения регрессионных моделей осуществлялась компьютерной программой Statistica 5.5 [2].

Результаты исследования. С увеличением высоты лопастей *h* (м) наблюдается рост потребляемой мощности (*P*, кВт). Количество лопастей *Z* (шт.) имеет сложное влияние.

В результате статистической обработки результатов программой получено степенное уравнение регрессии потребляемой мощности (рис. 2, 3), кВт:

$$P = 0,2421544 + 0,750233 \cdot h^{0,0293784} + 0,131463 / Z + 0,0067426 \cdot Z. \quad (1)$$

Числовые значения критериев F-test = 0,964957 и коэффициента корреляции Пирсона R = 0,986547 свидетельствуют об адекватности модели с 95%-ной доверительной вероятностью. Анализируя результаты сходимости полученных значений мощности (на основе замеров силы тока и напряжения) с расчетными значениями регрессионной модели (рис. 3), видим, что числовые значения расходятся не более 4 Вт. Это является приемлемой погрешностью.

Анализ графических результатов (рис. 2, 3) свидетельствует, что величина мощности в процессе эксперимента изменяется менее 4%.

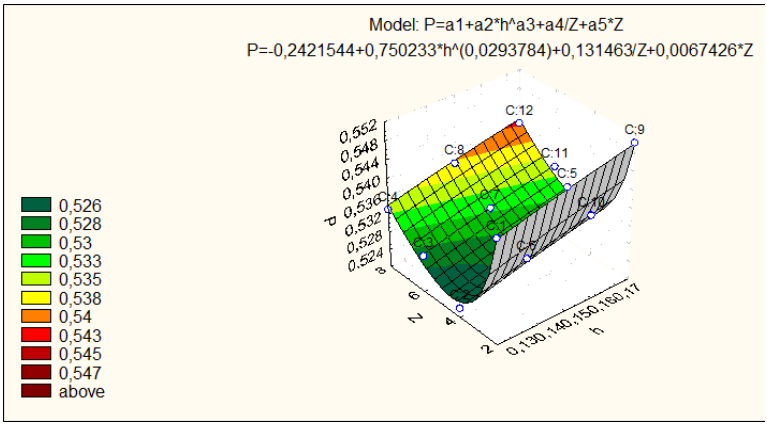


Рис. 2. Влияние высоты лопастей *h* (м) и количества лопастей *N* (шт) на величину потребляемой мощности *P* (кВт)

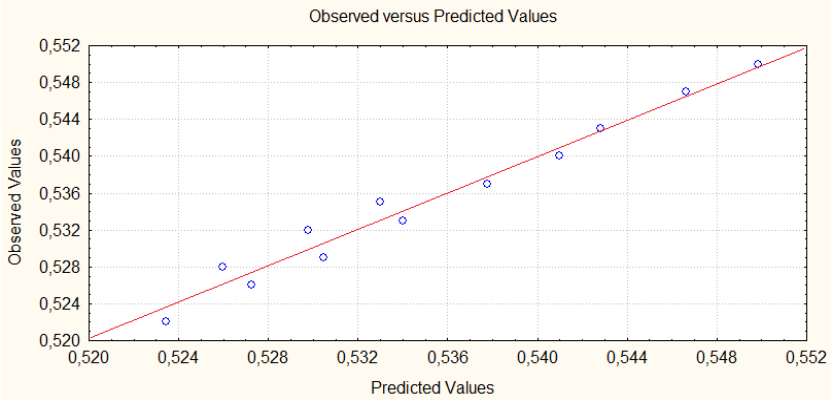


Рис. 3. График соответствия результатов расчетной модели исходным величинам

Выводы. Проведенное экспериментальное исследование позволило установить адекватную регрессионную степенную зависимость мощности привода барабанного смесителя от высоты установленных лопастей и их количества. Изменение высоты лопастей увеличивает мощность привода барабана порядка 2%, что несущественно. Наименьшие значения потребления энергии наблюдаются при 4 – 6 лопастях и минимальной высоте лопастей и составляют 526 Вт.

Список использованных источников

1. Коновалов, В. В. Оптимизация параметров барабанного смесителя / В. В. Коновалов, Н. В. Димитриев, А. В. Чупшев // Нива Поволжья. – 2013. – № 4(29). – С. 41.

2. Фудин, К. П. Регрессионная модель потребляемой мощности барабанного смесителя при приготовлении сухих концентрированных кормов // Инновационная техника и технология. – Пенза, 2019. – Т. 0. – В. 21. – № 4. – С. 52

3. Курочкин, А. А. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств / А. А. Курочкин, В. М. Зимняков. – М. : КолосС, 2006. – 320 с.

4. Обоснование угла установки емкости и длительности перемешивания сухих смесей барабанным смесителем / В. В. Коновалов, Н. В. Димитриев, С. А. Кшникаткин, А. В. Чупшев // Нива Поволжья. – 2013. – № 1. – С. 46.

5. Мартынова, Д. А. Повышение эффективности процесса производства экструдированных кормовых продуктов за счет изменения конструктивных параметров шнека пресс-экструдера : дис. … канд. техн. наук: 05.20.01. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017. – 167 с.

6. Новиков, В. В. Методологические основы и обоснование структурно-функциональной схемы зерновой смеси / В. В. Новиков, М. В. Борисова // Эксплуатация автотракторной и сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы : сб. науч. трудов. – Пенза, 2017. – С. 82.

7. Петрова, С. С. К вопросу определения качества смеси у барабанного смесителя / С. С. Петрова, С. А. Кшникаткин, Н. В. Димитриев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. – № 3. – С. 67.

8. Сыроватка, В. И. Ресурсосбережение при производстве комбикормов в хозяйствах / В. И. Сыроватка // Техника и оборудование для села. – 2011. – № 6. – С. 22.

References

1. Konovalov, V. V. Optimization of drum mixer parameters / V. V. Konovalov, N. V. Dimitriev, A. V. Chupshev // Niva Of The Volga Region. – 2013. – № 4 (29). – P. 41.

2. Fudin, K. P. Regression model of the power consumption of a drum mixer in the preparation of dry concentrated feed // Innovative Technique and Technology. – Penza, 2019. – T. 0. – V. 21. – No. 4. – P. 52.

3. Kurochkin A. A., Zimnyakov V. M. Fundamentals of calculation and design of machines and devices of processing industries. – M. : Koloss, 2006. – 320 p.

4. Justification of the angle of installation of the capacity and duration of mixing of dry mixtures with a drum mixer / V. V. Konovalov, N. V. Dimitriev, S. A. Kshnikatkin, A. V. Chupshev // Niva Of The Volga Region. – 2013. – No. 1. – P. 46.

5. Martynova, D. A. Improving the efficiency of the production process of extruded feed products by changing the design parameters of the screw press-extruder : dis. ... Cand. tech. science: 05.20.01. Orenburg: Orenburg state University, 2017. – 167 p.

6. Novikov, V. V. Methodological foundations and justification of the structural and functional scheme of the grain mixture / V. V. Novikov, M. V. Borisova // Operation of automotive and agricultural machinery: experience, problems, innovations, prospects: collection of scientific works. Penza, 2017. – C. 82.

7. Petrova, S. S. On the issue of determining the quality of the mixture in the drum mixer / S. S. Petrova, S. A. Kshnikatkin, N. V. Dimitriev // Proceedings of the Samara state agricultural Academy. – 2012. – No. 3. – P. 67.

8. Syrovatka, V. I. Resource Saving in the Production of Compound Feeds in Farms / V. I. Syrovatka // Equipment and equipment for the village. – 2011. – № 6. – P. 22.

УДК 66.087.97

П. А. Хохлов, К. В. Шестаков, С. И. Лазарев
(ФГОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Механика и инженерная графика», Тамбов, Россия, e-mail: mig@tstu.ru)

ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНАЯ ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА, НИКЕЛЯ И МЕДИ

Аннотация. Исследован процесс электродиализной очистки промышленных вод производства электроники для сельскохозяйственной техники от ионов железа, никеля и меди. Получены экспериментальные данные по потокам ионов, числам переноса и коэффициентам задержания.

Ключевые слова: мембрана, электродиализ, промышленные воды, ионы тяжелых металлов, сельскохозяйственная техника.

P. A. Khokhlov, K. V. Shestakov, S. I. Lazarev
(Tambov State Technical University
Department of Mechanics and Engineering Graphics, Tambov, Russia)

THE ELECTRODIALYSIS TREATMENT OF AN INDUSTRIAL WATER FROM AN ELECTRONIC PRODUCTION FOR AGRICULTURAL MACHINERY FROM IRON, NICKEL AND COPPER IONS

Abstract. The electrodialysis treatment process of an industrial water from an electronic production for agricultural machinery from iron, nickel and copper ions is studied. The experimental data on ion fluxes, transport numbers and retention factors are obtained.

Keywords: membrane, electrodialysis, industrial water, heavy metal ions, agricultural machinery.

Эффективная деятельность современного агропромышленного комплекса любой страны непосредственно зависит от того, насколько хорошо развито сельскохозяйственное машиностроение. В настоящее время производством сельскохозяйственной техники и необходимых для него комплектующих занимается порядка тысячи различных компаний. Для пятой части из них – это производство профильное [1]. Одной из основных тенденций развития данной области промышленности является изготовление новых машин и агрегатов, имеющих увеличенную производительность, сниженные потери при посеве и сборе урожая, большую экологичность и безопасность. Кроме того, особое внимание уделяется использованию усовершенствованной электроники и гидравлики. Для этого внедряют новые электронные системы управления подачей топлива, положения колес с независимой подвеской и другое оборудование [2]. Это свидетельствует о потребности производителей сельскохозяйственной техники в использовании различной электроники, что влечет повышение производительности и количество отходов на предприятиях, занимающихся производством этой электроники.

Выполнение этой работы обосновано необходимостью исследования кинетических параметров процесса электродиализной очистки от ионов тяжелых металлов промышленных растворов и сточных вод, которые образуются при изготовлении электроники для сельскохозяйственной техники. Исследованы потоки ионов, числа переноса и коэффициент задержания при разделении исходного раствора с помощью ионообменных мембран СМ(Н) и PCAcid 60.

Электродиализная установка состоит из мембранной ячейки с 10 мембранами (по 5 каждого вида) и 4 вспомогательных линий для разделяемого раствора (по одной для приэлектродного раствора и дилюлата и две – для концентрата веществ. Эти линии включают следующее оборудование: десятилитровый бак с охлаждением, насос с пропускной способностью 500 л/ч и максимальным давлением 5 бар, манометр, фильтр, расходомер, контрольный и промывочный клапаны. В качестве модельных использовались водные растворы $Fe(NO_3)_3$, $Ni(NO_3)_2$, $CuSO_4$, аналогичные реальным промышленным растворам (Fe^{3+} – $1{,}2\cdot10^{-5}$ моль/л, Ni^{2+} – $2{,}4\cdot10^{-3}$ моль/л, Cu^{2+} – $12\cdot10^{-3}$). Условия эксперимента: давление – 0,6 МПа, рабочая площадь мембраны – 0,01 м^2, температура – 20…25 °С.

Все экспериментальные данные, полученные в ходе исследований, были проанализированы и применены при расчете кинетических параметров процесса разделения [3, 4]. Расчет потока ионов J_i проводился по следующей формуле:

$$J_i = \frac{M}{S\tau}, \quad (1)$$

где M – число молей, перенесенных через мембрану ионов; S – площадь рабочей зоны мембраны; τ – время проведения эксперимента.

После расчета потоков ионов полученные по выражению (1) значения подставлялись в уравнение (2) для дальнейшего определения чисел переноса:

$$t_i = \frac{z_i F J_i}{i}, \quad (2)$$

где z_i – заряд i-го типа ионов; i – плотность тока; F – постоянная Фарадея.

Далее вычислялся коэффициент задержания по каждому компоненту используемых растворов по формуле (3):

$$R = \left(1 - \frac{c_к}{c_{исх}}\right), \quad (3)$$

где $C_к$, $C_{исх}$ – конечная и исходная концентрации растворенного вещества, кг/м^3.

Кинетические параметры процесса разделения

Параметр	Раствор $Fe(NO_3)_3$		Раствор $Ni(NO_3)_2$		Раствор $CuSO_4$	
	Fe^{3+}	NO_3^-	Ni^{2+}	NO_3^-	Cu^{2+}	SO_4^-
Поток ионов J_i, моль/(м^2·с)	$8{,}223\cdot10^{-8}$	$3{,}407\cdot10^{-7}$	$2{,}228\cdot10^{-5}$	$2{,}148\cdot10^{-5}$	$2{,}704\cdot10^{-5}$	$3{,}388\cdot10^{-4}$
Число переноса t_i	0,42	0,58	0,675	0,325	0,138	0,862
Коэффициент задержания R	0,667	0,081	0,78	0,423	0,957	0,273

Анализ всех полученных данных показал, что наибольший коэффициент задержания ионов тяжелых металлов наблюдается при разделении водного раствора $CuSO_4$, наименьший – при разделении $Fe(NO_3)_3$. При этом наблюдается различная степень задержания и сопутствующих ионов, таких как сульфат- и нитрат-анионы (в зависимости от модельного раствора). Здесь наибольшее задержание характерно для раствора $Ni(NO_3)_2$.

Выводы. В ходе выполнения работы получены экспериментальны данные по кинетическим параметрам процесса электродиализной очистки промышленных растворов, которые показали, что на них большое влияние оказывает компонентный состав разделяемой среды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90024.

Список использованных источников

1. Бабушкин, В. П. Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения / В. П. Бабушкин, М. Н. Игнатьева // Экономика региона. – 2011. – № 4. – С. 279 – 284.

2. Гладцин, А. Ю. Анализ текущего состояния и тенденции сельскохозяйственного машиностроения в России / А. Ю. Гладцын // Вестник НГИЭИ. – 2015. – № 10. – С. 21 – 26.

3. Желонкина, Е. А. Влияние гидроксидов меди и никеля на реакцию диссоциации воды при электродиализе в сверхпредельном токовом режиме / Е. А. Желонкина, С. В. Шишкина, Б. А. Ананченко // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2017. – Т. 17, № 4. – С. 674 – 681.

4. Шапошник, В. А. Мембранная электрохимия / В. А. Шапошник // Соросовский Образовательный Журнал. – 1999. – № 2. – С. 71 – 77.

References

1. Babushkin V. P., Ignat’eva M. N. Condition and prospects of development of agricultural mechanical engineering // Economy of region. – 2011. – No. 4. – P. 279 – 284.

2. Gladcyn, A. Yu. The analysis of the current state and trends of agricultural engineering in Russia // Vestnik NGIÈI. – 2015. – No. 10. – P. 21 – 26.

3. Zhelonkina E. A., Shishkina S. V., Ananchenko B. A. Effect of copper and nickel hydroxides on water dissociation reaction during electrodialysis in overlimiting conditions // Sorption and chromatographic processes. – 2017. – V. 17, No 4. – P. 674 – 681.

4. Shaposhnik, V. A. Membrane electrochemistry // Sorosovskii Obrazovatel'nyi Zhurnal. – 1999. – No. 2. – P. 71 – 77.

Секция 4

МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ ОТКРЫТЫМИ СИСТЕМАМИ В ЭКОЛОГИИ, ПИЩЕВЫХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ: ИНТЕГРАЦИЯ ДОСТИЖЕНИЙ НАУКИ И БИЗНЕСА

УДК 543.421/.422

Ю. А. Хан, Т. П. Дьячкова, А. В. Рухов, Е. С. Бакунин, С. Морайш, А. Мадурейра
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Химия и химические технологии», Тамбов, Россия; Политехнический Институт Порту, Порту, Португалия, e-mail: khantermail@gmail.com)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ ЭКСФОЛИИРОВАННОГО НАНОГРАФИТА

Аннотация. Исследовано влияние температуры и концентрации электролита при электрохимической эксфолиации графита на структурные характеристики полученных образцов. В качестве методов диагностики применялись ИК-Фурье спектроскопия и сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). Представлена корреляция параметров нанографита с результатами спектроскопии. Показано, что варьирование условий синтеза нанографита в рамках реализации одного способа позволяет получать нанографиты для различных областей практического применения.

Ключевые слова: ИК-спектроскопия, нанографит, углеродные наноматериалы, структурный анализ, электрохимическая эксфолиация.

Yu. A. Khan, T. P. Dyachkova, A. V. Rukhov, E. S. Bakunin, S. Morais, A. Madureira
(Tambov State Technical University, Department of Chemistry and Chemical Technology, Tambov, Russia; Polytechnic Institute of Porto, Porto, Portugal)

STUDY OF THE STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF ELECTROCHEMICALLY EXFOLIATED NANOGRAPHITE

Abstract. The effect of the temperature and concentration of the electrolyte during electrochemical exfoliation of graphite on the structural characteristics of the obtained samples has been studied. FTIR spectroscopy and scanning electron

microscopy (SEM) were used as diagnostic methods. The correlation of the parameters of nanographite with the results of spectroscopy is shown. It is shown that varying the conditions for the synthesis of nanographite within the framework of the implementation of one method allows one to obtain nanographites for various fields of practical application.

Keywords: IR spectroscopy, nanographite, carbon nanomaterials, structural analysis, electrochemical exfoliation.

Благодаря своим уникальным механическим и электрофизическим характеристикам углеродные наноструктуры являются перспективными материалами для применения в различных областях, включая агропромышленный комплекс (АПК). Уже сейчас они используются в материаловедении, машиностроении, в составах смазочных, лакокрасочных, клеевых материалов, полимерных композитах, топливных и биотопливных элементах при изготовлении и обслуживании оборудования АПК, а также в фитосанитарии, очистке сточных вод [1 – 5].

Одним из представителей углеродных наноструктур является нанографит. В настоящем исследовании экспериментальные образцы этого материала были получены электрохимической эксфолиацией графита с использованием импульсного тока в двухэлектродной ячейке в среде 0,1 и 1,0 М щелочи. В качестве катода использован платиновый электрод, анодом служила фольга из терморасширенного графита (Graphlex®, ZAO Unichemtech, Russia). Длительность импульсов – 1 с, поддерживаемая плотность тока – 0,1 А/см^2 , температура – 30 и 50 °С.

Полученные образцы были проанализированы с использованием метода ИК-Фурье спектроскопии на приборе Bruker Alpha-P (Bruker, USA) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с использованием прибора FEI Quanta 400FEG ESEM/EDAX Genesis X4 M (ThermoFisher Scientific, USA).

Согласно данным СЭМ (рис. 1), полученный материал представляет собой неоднородные слоистые агломераты, объединенные в более крупные частицы. На них прослеживаются краевые, изгибные дефекты различных видов, а также отдельные дефекты внутри слоев.

По данным ИК-спектроскопии (рис. 2), образцы, полученные при 30 °С характеризуются наличием гидроксильных групп (3200 см$^{-1}$). Пара пиков (2920 см$^{-1}$ и 2850 см$^{-1}$) указывает на наличие алкильных групп, которые могут представлять собой дефекты на краях слоев нанографита. Зона 1200…1000 см$^{-1}$ различается у всех образцов и характеризует наличие различных спиртовых групп -С-О, а также присутствие циклогексановых и пятичленных колец. Использование электролита способствует доминированию -СН групп по краям дефектов и циклогексановых колец в плоскостях слоев.

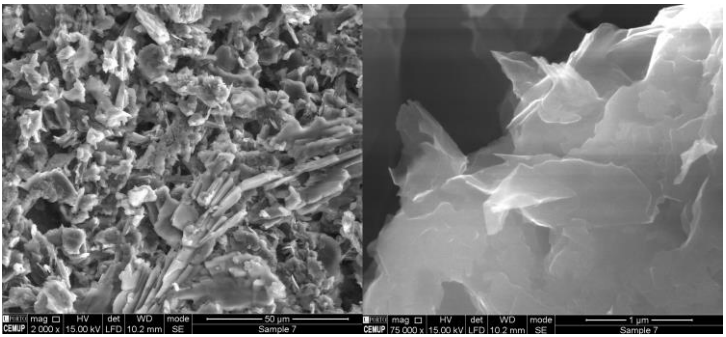


Рис. 1. СЭМ изображения нанографита, полученного электрохимической эксфолиацией графита в щелочном электролите

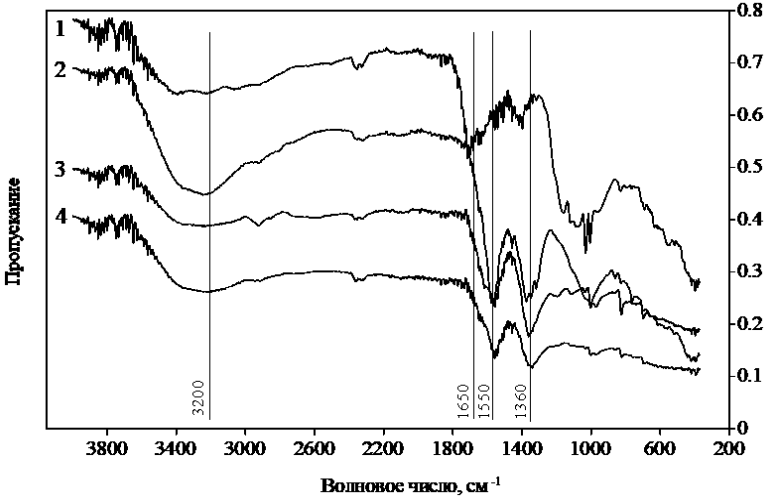


Рис. 2. ИК-спектры образцов нанографита, полученных методом электрохимической эксфолиации графита при следующих концентрациях электролита и рабочей температуре:
1 – 1,0 М, 50 °С; *2* – 1,0 М, 30 °С; *3* – 0,1 М, 30 °С; *4* – 0,1 М, 50 °С

ИК-спектры образцов, полученных при 50 °С содержат те же характерные пики. При использовании 1,0 М электролита на поверхности нанографита формируются олефиновые и ароматические группы (3069 $см^{-1}$). Олефиновые группы могут быть локальными дефектами

вокруг разрывов внутри слоя. –CH- группы отражают стандартный бездефектный контур, вероятно также формирование карбоксильных и кетонных групп.

Таким образом, полученные образцы нанографита материалы ввиду кислородсодержащих функциональных групп потенциально могут демонстрировать хорошую растворимость в полярных средах и использоваться в составе полимеров соответствующих классов.

Авторы благодарят Rui Rocha и CEMUP «Centro de Materiais da Universidade do Porto» за помощь в проведении СЭМ-анализа.

Эта работа была поддержана проектами PTDC/ASP-PES/29547/2017 и UIDB/QUI/50006/2020, финансируемыми фондами FEDER через POCI и национальными фондами через FCT – Foundation for Science and Technology.

Список использованных источников

1. Физико-химические особенности коллоидной устойчивости в полярных растворителях оксида нанографита, синтезированного электрохимическим способом / Е. Ю. Образцова, А. А. Дегтярев, А. В. Рухов, Е. С. Бакунин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов : ТГТУ, 2019. – Т. 25, № 1. – С. 116 – 122.

2. Зарубин, В. С. Оценки упругих свойств матрицы композита, упрочненной углеродными нанотрубками / В. С. Зарубин, Е. С. Сергеева, С. И. Шишкина // Наука и Образование. МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2016. – № 9. – С. 155 – 170.

3. Захаренко, В. А. Тенденции развития нанофитосанитарии в защите растений / В. А. Захаренко // Защита и карантин растений. – М. : АНО «Редакция журнала «Защита и карантин растений», 2009. – № 5. – С. 13 – 17.

4. Применение графена в биотопливных элементах / А. Н. Решетилов, В. В. Колесов, С. П. Губин, В. А. Алферов // Электрохимическая энергетика. – Саратов : СГУ, 2014. – Т. 14, № 4. – С. 173 – 186.

5. Першин, В. Ф. Перспективы улучшения эксплуатационных характеристик графитных смазок за счет механоактивации в планетарных мельницах / В. Ф. Першин, Д. А. Ю. Аль Саади, Б. Н. Салимов. – Иваново : ООО «Олимп», 2015. – № 10(11). – С. 28 – 30.

References

1. Physicochemical features of colloidal stability in polar solvents of nanographite oxide synthesized by the electrochemical method / E. Yu. Obraztsova, A. A. Degtyarev, A. V. Rukhov, E. S. Bakunin // Bulletin of TSTU. – Tambov : TSTU, 2019. – № 1(25). – P. 116 – 122.

2. Zarubin, V. S. Estimates of the elastic properties of the composite matrix hardened by carbon nanotubes / V. S. Zarubin, E. S. Sergeeva, S. I. Shishkina // Science and Education. Moscow State Technical University of N. E. Bauman. – 2016 . – № 9. – P. 155 – 170.

3. Zakharenko, V. A. Trends in the development of nanophytosanitary in plant protection / V. A. Zakharenko // Plant protection and quarantine. – M. : "Editorial office of the journal" Plant protection and quarantine", 2009. – № 5. – P. 13 – 17.

4. The use of graphene in biofuel cells / A. N. Reshetilov, V. V. Kolesov, S. P. Gubin, V. A. Alferov // Electrochemical Power Engineering. – Saratov: SSU, 2014 . – № 4(14). – P. 173 – 186.

5. Pershin, V. F. Prospects for improving the operational characteristics of graphite lubricants due to mechanical activation in planetary mills / V. F. Pershin, D. A. Yu. Al Saadi, B. N. Salimov // European research. – Ivanovo : LLC Olympus, 2015. – № 10(11). – P. 28 – 30.

УДК 621.396.96

Е. И. Алгазин
(ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», Новосибирск, Россия, e-mail: evgeniialgazin@gmail.com)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. В данной работе исследуется способ оценки состояния линейных систем автоматики сельскохозяйственного оборудования, основанный на анализе корней аппроксимирующего полинома. В результате исследований выявлен эффект получения неустойчивого состояния цепи в расчетном отношении при наличии нелинейностей аппроксимирующего полинома.

Ключевые слова: линейная цепь, устойчивость, аппроксимирующий полином

E. I. Algazin
(Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia)

STUDY OF THE STATE OF LINEAR AUTOMATION SYSTEMS OF AGRICULTURAL EQUIPMENT

Abstract. In this paper, we study a method for assessing the state of linear automation systems of agricultural equipment based on an analysis of the roots of an approximating polynomial. As a result of studies, the effect of obtaining an unstable state of the circuit in the calculated ratio in the presence of nonlinearities of the approximating polynomial was revealed.

Keywords: linear circuit, stability, approximating polynomial.

Введение. Перечислим основные методы анализа состояния и устойчивости электрических цепей, которые применяются на сегодняшний день.

К ним относятся:

1. Аналитические методы, позволяющие найти решение дифференциального уравнения, описывающего состояние цепи, в виде аналитического решения.
2. Качественные методы, позволяющие оценить состояние цепи в виде фазового портрета на фазовой плоскости.
3. Прямой метод устойчивости Ляпунова.
4. Критерии устойчивости, к которым относятся: критерии Рауса и Гурвица, частотный критерий Найквиста-Михайлова.

Постановка задачи. Дана последовательная электрическая цепь, состоящая из следующих элементов: резистивный элемент, обладающий сопротивлением *R*, емкостной элемент, обладающий емкостью *C*, и индуктивный элемент, обладающий индуктивностью *L*.

В первом случае исследуется цепь без источника питания, с конденсатором, предварительно заряженным до напряжения U_0. Во втором случае исследуется цепь с источником питания в виде гармонической ЭДС.

Введем следующие допущения:

1. Элементы цепи линейны.
2. Нет токов утечки у емкостного элемента.
3. Нет межвитковых емкостей у индуктивного элемента.

Необходимо, развивая уже существующие классические подходы и методы, оценить состояние исследуемых линейных цепей без источника питания (в дальнейшем *R-L-C-0*) и с источником питания (в дальнейшем *R-L-C-e*).

На основе такой оценки сделать вывод о целесообразности применения выбранных подходов и методов к анализу линейных цепей с учетом особенностей используемого математического аппарата.

Перечислить или указать на задачи, при решении которых могут использоваться данные подходы и методы.

Пути решения. Рассмотрим уравнение состояния по второму закону Кирхгофа, для мгновенных значений напряжений исследуемой *R-L-C-0* цепи.

$$U_R + U_L + U_C = 0, \tag{1}$$

где U_R – мгновенное значение напряжения на резистивном элементе исследуемой *R-L-C-0* цепи; U_L – мгновенное значение напряжения на индуктивном элементе исследуемой *R-L-C-0* цепи; U_C – мгновенное

значение напряжения на емкостном элементе исследуемой *R-L-C-0* цепи.

При определенных значениях элементов исследуемой цепи в ней существует колебательный режим. В [1] показано, что свободная составляющая тока описана следующим аналитическим выражением:

$$i_{св} = \frac{U_0}{\omega_{св} \cdot L} \cdot e^{-\delta t} \cdot \sin\left(\omega_{св} t + \pi\right), \tag{2}$$

где U_0 – напряжение, до которого заряжен конденсатор до момента коммутации; $\omega_{св}$ – круговая частота свободных колебаний исследуемой цепи; δ – коэффициент затухания; L – индуктивность индуктивного элемента цепи.

Для решения предпримем следующие шаги:

воспользуемся разложением функций sin(x), cos(x) и e^x в ряд [2, 3] ограничившись первыми членами

Подставим полученные выражения в уравнение (1), с учетом того, что

$$U_L = L \cdot \frac{di_{св}}{dt}, \tag{3}$$

$$U_R = R \cdot i_{св}, \tag{4}$$

$$U_C = \frac{1}{C}\int i_{св} dt. \tag{5}$$

Получим:

$$L \cdot \frac{d}{dt}\left(\frac{U_0\left(\omega t + \pi\right)}{\omega_{св} \cdot L}\right) + R \cdot \frac{U_0}{\omega_{св} \cdot L} \cdot \left(\omega t + \pi\right) + \frac{U_0}{\omega_{св} \cdot L}\int \frac{\left(\omega t + \pi\right)}{1!} dt = 0. \tag{6}$$

Преобразуем к виду:

$$t^2 + t \cdot \left(4 \cdot R \cdot C + \frac{2\pi}{\omega}\right) + \left(4 \cdot L \cdot C + \frac{2\pi}{\omega} \cdot R \cdot C\right) = 0. \tag{7}$$

Задавшись значениями элементов и параметрами цепи, равными: L = 0,01 Гн, C = $30 \cdot 10^{-6}$ Ф, R = 20 Ом, ω = 500 рад/с, $\omega_{рез}$ = 1825,817 рад/с, получим:

$$t^2 + t \cdot 0.01496 + 0.000008736 = 0.$$
$$t_1 = -0.000609; \quad t_2 = -0.01435. \tag{8}$$

Оба корня отрицательны. В расчетном отношении цепь *R-L-C-0* устойчива.

Зададим следующие значения: L = 0,8333 Гн, C = $30 \cdot 10^{-6}$ Ф, R = 20 Ом, ω = 500 рад/с, $\omega_{рез}$ = 200 рад/с. Получим:

$$t^2 + t \cdot 0.01496 + 0.000107532 = 0$$
$$t_1 = -0.000748 + j0.007182\,;\ t_2 = -0.000748 - j0.007182\,. \quad (9)$$

Вещественная часть обоих корней отрицательна, что говорит о том, что в расчетном отношении цепь *R-L-C-0* устойчива.

Во избежание ситуации, когда цепь заведомо устойчива, а корни степенного алгебраического уравнения указывают на неустойчивое состояние, следует понижать степень путем дифференцирования до того, пока не останется один линейный член и свободный член [3].

Например, выражение (10) приведем к виду:

$$\frac{d}{dt}t^2 + \frac{d}{dt}t \cdot \left(4 \cdot R \cdot C + \frac{2\pi}{\omega}\right) + \frac{d}{dt}\left(4 \cdot L \cdot C + \frac{2\pi}{\omega} \cdot R \cdot C\right) = \frac{d}{dt}0\,. \quad (10)$$

Для старшей степени введем коэффициент 1/*N*.

Тогда имеем:

$$\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot t + \left(4 \cdot R \cdot C + \frac{2\pi}{\omega}\right) = 0\,. \quad (11)$$

Откуда:

$$t = -\left(4 \cdot R \cdot C + \frac{2\pi}{\omega}\right). \quad (12)$$

Корень имеет отрицательную действительную часть, что в классическом понимании говорит об устойчивости решений исследуемого уравнения.

Результаты. Для анализа устойчивости *R-L-C-0* цепи использован способ, основанный на оценке корней аппроксимирующего полинома.

Алгебраическое степенное уравнение (далее САУ) возможно свести к первой степени t в случае любого порядка. Физический смысл этого уравнения выглядит как набор из постоянных времени и длительности периода. Более высокая степень САУ точно описывает поведение исследуемой функции на участке рассмотрения. Однако корни находятся вне участка рассмотрения. Это говорит о наличии отклонения САУ от исследуемой функции.

Понижение степени САУ путем дифференцирования его от N до 1 подводит нас к линейной зависимости времени и освобождает от мнимой части корней, что соответствует только вещественной составляющей.

Выводы. Цепь, устойчивая в области энергии, не обязательно будет устойчивой в области времени. Поэтому существуют наборы значений R, L, C, $e(t)$, приводящие к неустойчивости в области времени.

Если понижается степень алгебраического уравнения, то вещественная часть в большем числе случаев отрицательна и цепь устойчива в области времени.

Список использованных источников

1. Веселовский, О. Н. Основы электротехники и электротехнические устройства радиоэлектронной аппаратуры : учебное пособие для ВУЗов / О. Н. Веселовский, Л. М. Браславский. – М. : Высшая школа, 1977. – 312 с.

2. Вулих, Б. З. Введение в функциональный анализ / Б. З. Вулих. – изд. второе, перераб. и доп. – М. : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1967. – 416 с.

3. Малкин, И. Г. Некоторые задачи теории нелинейных колебаний / И. Г. Малкин. – М. : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1956. – 491 с.

4. Анри Пуанкаре. Избранные труды в трех томах. Т. 2 / Анри Пуанкаре ; под ред. академика В. И. Богомолова, д-ра физ.-мат. наук И. Б. Погребысского. – М. : Наука, 1972. – 999 с.

References

1. Veselovskiy, O. N. Osnovy elektrotekhniki i elektrotekhnicheskiye ustanovki radioelektronnoy apparatury : uchebnoye posobiye dlya VUZov / O. N. Veselovskiy, L. M. Braslavskiy. – Moscow : Vysshaya shkola, 1977. – 312 s.

2. Vulikh, B. Z. Vvedeniye v funktsional'nyy analiz / B. Z. Vulikh. – Izdaniye vtoroye, pererabotannoye i dopol-nennoye. – Moscow : Nauka, Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1967. – 416 s.

3. Malkin, I. G. Nekotoryye zadachi teorii nelineynykh kolebaniy / I. G. Malkin. – Moscow : Gosudarstvennoye izdatel'stvo tekhniko-teoreticheskoy literatury, 1956. – 491 s.

4. Anri Puankare. Izbrannyye trudy v trekh tomakh. T. 2 / Anri Puankare ; Pod redaktsiyey akademika V. I. Bogomolova, d.f.-m.n. I. B. Pogrebysskogo. – Moscow : Nauka, 1972. – 999 s.

УДК 502.12

Н. Е. Беспалько
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: nata.bespalko@mail.ru)

ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

Аннотация. Использована методика выравнивания по линии, основывающаяся на способе наименьших квадратов, для построения прогноза характера динамики изменения концентрации фенола в воздушной среде Тамбовской области.

Ключевые слова: способ наименьших квадратов, фенол, предельно-допустимая концентрация, отравляющие вещества.

N. E. Bespalko
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

CONSTRUCTION OF DYNAMICS OF CHANGES IN THE CONCENTRATION OF TOXIC SUBSTANCES IN THE ENVIRONMENT USING THE METHOD OF LEAST SQUARES

Abstract. The method of line alignment based on the method of least squares is Used to predict the nature of the dynamics of changes in the concentration of phenol in the air of the Tambov region.

Keywords: method of least squares, phenol, maximum permissible concentration, toxic substances.

Методика выравнивания по линии, основывающаяся на способе наименьших квадратов, позволяет проанализировать характер динамики изменения концентрации отравляющих веществ в воздушной среде. Этот метод основан на математическом законе, по которому при прямолинейной тенденции через ряд эмпирических точек можно провести только одну прямую линию, отвечающую требованию: сумма квадратов отклонений фактических данных от выравниваемых должна быть наименьшей. Уравнение для определения выровненных уровней (т.е. уравнение прямой линии):

$$\mathbf{yx = A_0 + A_1x}, \quad (1)$$

где A_0 – вычисленный начальный или исходный уровень; A_1 – скорость изменения ряда (т.е. прирост или снижение показателей); x – время.

Рассматривают характер изменения начального уровня ряда (A_0) при равномерном в среднем изменении (A_1). Для получения новых уровней (теоретического) динамического ряда необходимо определить A_0 и A_1 по формулам:

$$A_0 = \frac{y}{x} \quad \text{и} \quad A_1 = \frac{xy}{x^2}, \tag{2}$$

где n – число членов ряда; x – время (в условных единицах); y – фактические уровни ряда.

Применим данный метод для прогнозирования изменения концентраций фенола в воздушном бассейне Тамбовской области. По данным ежегодных докладов о состоянии окружающей среды на территории Тамбовской области [1 – 3, 4], среднегодовая концентрация фенола в атмосфере составляет 1ПДК с превышением его содержания в воздушном бассейне области каждые 5 лет.

Для выравнивания динамического ряда по способу наименьших квадратов необходимо составить таблицу (см. табл. 1).

Расчет производится следующим образом:

1. За начало отсчета принимают средний период времени – 2011 год. Время выражается в условных единицах середины отсчета, где $x = 0$.

2. Производится вычисление среднего математического значения постоянной величины уравнения путем сложения всех данных второго столбца (среднегодовая концентрация) и делением полученной суммы на число членов ряда – т.е. периодов времени (в нашем случае – лет);

$$A_0 = 0{,}0358/16 = 0{,}0022.$$

3. Рассчитывается произведение каждого ряда y на ряд x.

4. Ряд x возводят в квадрат и в 5 столбец выставляют данные за все периоды времени.

5. Вычисляют вторую постоянную величину A_1. Для этого сумму всех произведений xy делят на сумму произведений x^2:

$$A_1 = -0{,}0237/344 = -0{,}000069.$$

Далее получают уравненные данные:

$xy = A_0 + A_1X$;

y1 = 0,0022 + 0,000069·(–8) = 0,00165; y9 = 0,0022 + 0,000069·(0) = 0,0022;
y2 = 0,0022 + 0,000069·(–7) = 0,00172; y10 = 0,0022 + 0,000069·1 = 0,00227;
y3 = 0,0022 + 0,000069·(–6) = 0,00179; y11 = 0,0022 + 0,000069·2 = 0,00234;
y4 = 0,0022 + 0,000069·(–5) = 0,00186; y12 = 0,0022 + 0,000069·3 = 0,00241;

y5 = 0,0022 + 0,000069·(–4) = 0,00192; y13 = 0,0022 + 0,000069·4 = 0,00248;
y6 = 0,0022 + 0,000069·(–3) = 0,00199; y14 = 0,0022 + 0,000069·5 = 0,00255;
y7 = 0,0022 + 0,000069·(–2) = 0,00206; y15 = 0,0022 + 0,000069·6 = 0,00261;
y8 = 0,0022 + 0,000069·(–1) = 0,00213; y16 = 0,0022 + 0,000069·7 = 0,00268.

1. Изменение среднегодовой концентрации фенола в атмосферном воздухе Тамбовской области

Годы	Среднегодовая концентрация (случаи), мг/м^3	Условное время, x	xy	x^2	Выравнивание, xy
2003	0,0020	–8	–0,016	64	0,00165
2004	0,0022	–7	–0,0154	49	0,00172
2005	0,0021	–6	–0,0126	36	0,00179
2006	0,0021	–5	–0,0105	25	0,00186
2007	0,0037	–4	–0,0148	16	0,00192
2008	0,0030	–3	–0,009	9	0,00199
2009	0,0021	–2	–0,0042	4	0,00206
2010	0,0021	–1	–0,0021	1	0,00213
2011	0,0022	0	0	0	0,00220
2012	0,0021	1	0,0021	1	0,00227
2013	0,0020	2	0,0040	4	0,00234
2014	0,0032	3	0,0096	9	0,00241
2015	0,0020	4	0,008	16	0,00248
2016	0,0021	5	0,0105	25	0,00255
2017	0,0020	6	0,0120	36	0,00261
2018	0,0021	7	0,0147	49	0,00268
y = 0,0022		x = 0	xy = –0,0237		

При сопоставлении полученных значений в динамике за период 2003 – 2018 гг. установлена закономерность повышения уровня загрязнения атмосферного воздуха Тамбовской области C_6H_5OH.

Рассматриваемый метод выравнивания по способу наименьших квадратов может быть использован для прогнозирования изменения концентрации фенола, так как несомненно существует устойчивое загрязнение атмосферы края фенольными составляющими, источниками которых являются не только промышленные объекты, но и продукты сгорания отходов синтетического происхождения и бытовых отходов, при условии постоянства метеорологических условий.

Так можно ожидать, что, начиная с 2018 года в воздушном бассейне Тамбовской области, при сохранении существующей тенденции, среднегодовое содержание фенола превысит ПДКс.с. (0,003 мг/м^3) [5, 6].

На сегодня содержание C_6H_5OH практически не превышает предельно-допустимые значения, но в ближайшем будущем переход концентрационной величины фенола в критические значения неизбежно. Это спровоцирует повышение общей загрязненности атмосферной среды области и отравляющего воздействии фенола на живые организмы, и, как следствие канцерогенного действия яда, – к росту заболеваний дыхательных путей и увеличению вирусовосприятия организма, что уже сейчас имеет место по данным управления Роспотребнадзора в Тамбовской области за 2018 год и обзору санитарно-эпидемиологического состояния Тамбовской области [7]. Чтобы этого не случилось, уже сейчас необходимо применять меры по уменьшению выбросов фенола на производстве. Для этого необходимо:

1) вменить в обязательство промышленным предприятиям применение новейших разработок по очистке и обезвреживанию выбросов токсикантов. В этом случае необходимо внедрять в производство разработанные макеты механизмов экономического стимулирования предприятий (налоговые льготы; возврат процента финансов, пошедших на внедрение новейших технологий);

2) систематически осуществлять мониторинг источников выбросов отравляющих веществ, а также проводить жесткий производственный и государственный контроль за соблюдением нормативов на источниках выбросов токсикантов;

3) необходимо расширить санитарно-защитные зоны предприятий и запретить проживание населения на данных территориях.

Список использованных источников

1. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Тамбовской области в 2012 году. – Тамбов : ООО «Издательство Юлис», 2013.

2. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Тамбовской области в 2015 году. – Тамбов : Издательство ООО «Парус», 2016. – С. 144.

3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Тамбовской области в 2018 году / Администрация Тамбовской области; Управле-

ние по охране окружающей среды и природопользованию Тамбовской области. – Тамбов, 2019. – 209 с.

4. Дудник, С. Н. Некоторые результаты мониторинга состояния загрязнения окружающей среды в Тамбовской области / С. Н. Дудник, Н. И. Дудник // Вестник ТГУ. – 2009. – Вып. 3. – С. 605 – 608.

5. Предельные допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны : ГН 2.2.5.1313–03 : утв. Гл. санитар. врачом РФ 27.04.2003 : ввод. в действие с 15.06.2006. – М. : Минздрав России, 2003. – 220 с.

6. Беспамятнов, Г. П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г. П. Беспамятнов, Ю. А. Кротов. – Л. : Химия, 1985. – 528 с.

7. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Тамбовской области в 2018 году : Государственный доклад [Электронный ресурс] // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Тамбовской области: офиц. сайт. – URL : http://68.rospotrebnadzor.ru/content/602/41559/ – Загл. с экрана.

References

1. Report on the state and protection of the environment of the Tambov region in 2012. – Tambov : LLC “Yulis publishing House”, 2013.

2. Report on the state and protection of the environment of the Tambov region in 2015. – Tambov : Parus publishing house, 2016. – P. 144.

3. Report on the state and protection of the environment of the Tambov region in 2018 / Administration of the Tambov region; Department for environmental protection and nature management of the Tambov region. – Tambov, 2019. – 209 s.

4. Dudnik, S. N. Some results of monitoring the state of environmental pollution in the Tambov region / S. N. Dudnik, N. I. Dudnik // Vestnik TSU. – 2009. – Issue 3. – P. 605 – 608.

5. Maximum permissible concentrations (MPC) of harmful substances in the air of the working area : GN 2.2.5.1313–03 : approved By the chief medical officer. doctor of the Russian Federation 27.04.2003: enter. in action since 15.06.2006. – M. : Ministry of health of Russia, 2003. – 220 p.

6. Bespamyatnov, G. P. Maximum permissible concentrations of chemical substances in the environment / G. P. Bespamyatnov, Yu. A. Krotov. – L. : Chemistry, 1985. – 528 p.

7. On the sanitary and epidemiological situation in the Tambov region in 2018 : State report [Electronic resource] // Office of the Federal service for supervision of consumer rights protection and human welfare in the Tambov region: ofic. website. – URL : http://68.rospotrebnadzor.ru/content/602/41559/ – Title from the screen.

УДК 51-7:664

В. Г. Благовещенский, И. Г. Благовещенский,
А. Н. Петряков, А. Ю. Петров
(ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», кафедра «Автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами», Москва, Россия, e-mail: bvg1996@mail.ru, igblagov@mgupp.ru, A.PETR2@yandex.ru, sanpetrov@mgupp.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ТЕСТА

Аннотация. Изложены результаты исследований в области моделирования и оптимизации технологических процессов хлебопекарного производства. Показано влияние особенностей реализации описанных процессов на выход и качественные показатели теста и приведен анализ технологических возможностей их улучшения. Особое внимание уделено моделированию условий ведения процессов приготовления теста с их последующей оптимизацией, а также принятию решений по управлению. Приведенный анализ позволит не только максимально снизить потери в хлебопекарном производстве, но и повысить их эффективность.

Ключевые слова: информационные технологии, моделирование, оптимальное управление, регрессионный анализ, технологический процесс.

V. G. Blagoveshchenskiy, I. G. Blagoveshchensky,
A. N. Petryakov, A. Yu. Petrov
(Moscow State University Food Production, Department of Automated Control Systems for Biotechnological Processes, Moscow, Russia)

MODELING AND OPTIMIZATION OF BAKERY DOUGH PREPARATION PROCESSES

Abstract. The article presents the results of research in the field of modeling and optimization of technological processes of bakery production. The influence of the implementation features of the described processes on the yield and quality indicators of the test is shown, and an analysis of the technological possibilities for their improvement is given. Particular attention is paid to modeling the conditions for conducting dough preparation processes with their subsequent optimization, as well as making management decisions. The above analysis will allow not only to minimize losses in bakery production, but also to increase their efficiency.

Keywords: information technology, modeling, optimal control, regression analysis, technological process.

В настоящее время компьютерная техника широко используются специалистами различных отраслей науки и техники для проведения многовариантных расчетов, анализа производства, математического моделирование и выбора оптимальных технологических решений [1 – 3].

Отличительной особенностью математического моделирования как метода исследования является возможность изучения, прогнозирования и последующая оптимизация процессов и объектов, физический эксперимент с которыми весьма затруднителен, опасен или не выгоден [4, 5]. Постановка оптимизационной задачи должна включать определение *критерия оптимальности* (или *целевую функцию*) – величину, зависящую от искомого решения и принимающую на нем экстремальное значение [6, 7].

Основные этапы разработки математической модели процесса замеса теста включают в себя следующие этапы: описание технологического процесса; составление параметрической модели; проверка значимости факторов; составление параметрической модели, включающей только значимые факторы; составление плана и проведение эксперимента; обработка экспериментальных данных и получение уравнений, описывающих этот процесс; проверка полученных уравнений на адекватность [8].

Применив законы математической статистики, в частности, используя метод планирования и обработки многофакторного эксперимента (метод Протодьяконова) [9], и проведя анализ базы данных экспериментальных значений основных параметров, описывающих процесс замеса теста, были получены уравнения, описывающие этот процесс [10].

Оптимизация технологического процесса заключается в обеспечении его максимальной эффективности при заданных технологических условиях [11]. С этой целью в самом начале делается выбор критерия оптимальности, под которым понимают количественный или качественный показатель, выражающий предельную меру эффекта принимаемого решения для сравнительной оценки возможных альтернатив и выбора наилучшего [12].

На основании соответствующего выбора составляется целевая функция, представляющая собой зависимость критерия оптимизации от параметров, на нее влияющих. Методы оптимизации выбирают в зависимости от вида целевой функции, структуры ограничений и используемой для описания выбранной технологии математической модели [13].

Рассмотрим описанную выше методику на примере процесса замеса пшеничного теста. Параметрическая модель объекта управления – процесса замеса теста – приведена на рис. 1.

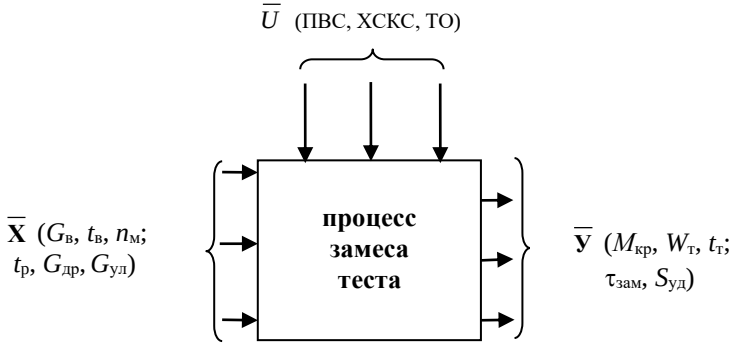


Рис. 1. Параметрическая модель объекта управления – процесс замеса теста

В качестве параметров модели были приняты:

- $\overline{\mathbf{X}}$ – вектор входных параметров модели:

$$\overline{\mathbf{X}}\ (G_в,\ t_в,\ n_м;\ \ t_р,\ G_{др},\ G_{ул}),$$

где $G_в$ – масса воды, вносимой при замесе теста, кг; $t_в$ – температура воды, °С; $n_м$ – частота вращения месильных органов, $с^{-1}$; $t_р$ – температура рубашки месильной камеры, °С; $G_{др}$ – масса хлебопекарных дрожжей, кг; $G_{ул}$ – масса добавок-улучшителей, кг.

- $\overline{\mathbf{У}}$ – вектор выходных параметров модели:

$$\overline{\mathbf{У}}\ (M_{кр},\ W_т,\ t_т;\ \tau_{зам},\ S_{уд}),$$

где $M_{кр}$ – показатель консистенции теста), Н·м ; W_m – влажность теста, %; $t_т$ – температура теста, °С; $\tau_{зам}$ – продолжительность замеса теста до готовности, с; $S_{уд}$ – количество удельной механической энергии, затраченной на формирование структуры теста, кДж/кг.

- $\overline{\mathbf{U}}$ – вектор управляющих параметров модели:

$$\overline{\mathbf{U}}\ (\text{ПВС, ХСКС, ТО}),$$

где ПВС – параметры внешней среды (давление атмосферного воздуха, относительная влажность воздуха, температура воздуха и др.); ХСКС – химический состав и качество сырья, в том числе гранулометрический состав муки; ТО – технологические отклонения (масса замешиваемого теста, температура компонентов, влажность сырья, концентрация растворов и т.д.).

В результате обработки экспериментальных данных по методу Протодьяконова были получены уравнения, представляющие собой математическую модель статики технологического процесса замеса теста. В общем виде математическая модель запишется следующим образом:

$$Y_k = \frac{\prod_{i=1}^{9}\left(\sum_{j=0}^{2}\left(a_{k,i,j} \cdot X_i^j\right)\right)}{Y^8_{k\,ср.эксп.}}, \quad \text{где } k \in 1{,}5. \qquad (1)$$

Адекватность полученных уравнений была проверена по таким величинам, как относительная погрешность (δ = 1,0384), коэффициент множественной корреляции (R = 0,9641857), критерий Стьюдента ($t_т$ = 274,367 >> 2), критерий Фишера (значение критерия Фишера расчетное больше критерия Фишера теоретического в ≈10 раз, т.е. $F_P >> F_T$). С учетом вышеизложенного был сделан вывод об адекватности вышеприведенной математической модели.

Выберем следующие критерии:

$$M_{кр} \to \max;$$
$$\left| W_т - a1 \right| \to \min$$
$$\left| t_т - a2 \right| \to \min$$
$$\left| \tau_{зам} - a3 \right| \to \min$$
$$\left| S_{уд} - a4 \right| \to \min.$$

Используя один из методов перехода от множества критериев к одному обобщенному, был получен обобщенный критерий, зависящий от основных параметров процесса, и оценена их значимость.

В качестве критерия оптимальности для решения задачи оптимизации примем обобщенный критерий, имеющий вид:

$$W = \frac{M_{кр}}{\left|W_т - a1\right| + \left|t_т - a2\right| + \left|\tau_{зам} - a3\right| + \left|S_{уд} - a4\right|} \to \max_{\bar{x} \in D}, \qquad (2)$$

где $\bar{x}$ – вектор управляющих переменных процесса; D – область ограничений, содержащая в преобразованном виде условия поиска экстремума целевой функции.

Прежде чем сформулировать и решать задачу многопараметрической оптимизации, необходимо провести исследования, которые позволили бы сделать вывод о наличии оптимума. Для этого построим частные графики, отражающие зависимость выходной величины от двух входных при фиксированном значении остальных (рис. 2).

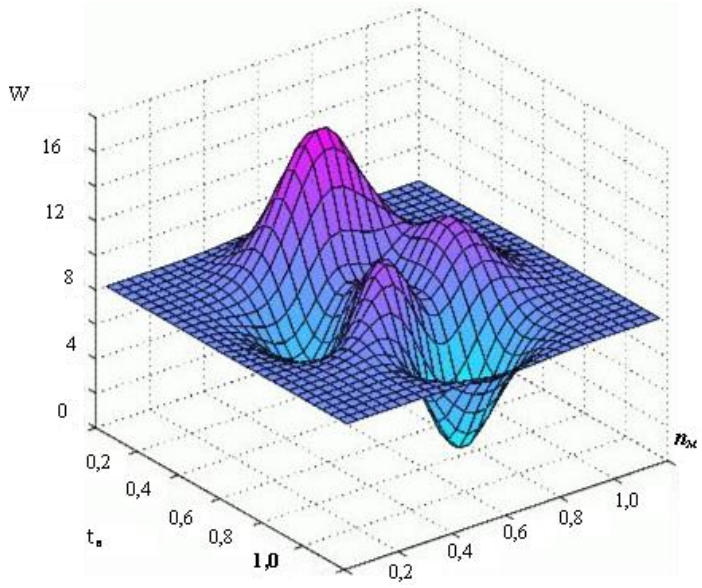


Рис. 2. Зависимость обобщенного критерия температуры воды и частоты вращения месильных органов при фиксированных значениях остальных факторов

Используя полученную модель, выдвинутый нами критерий и введенные обозначения, можно поставить задачу оптимизации.

Таким образом, словесная постановка задачи оптимизации формулируется как: найти такие значения параметров оптимизации, при которых обобщенный критерий достигает максимума, при выполнении ограничений, наложенных на область *D*.

Приведенная математическая постановка задачи оптимизации подпадает под класс задач нелинейного программирования и может быть решена одним из методов, применяемых для решения задач данного класса, в частности, методом неопределенных множителей Лагранжа.

Для решения этой задачи мы использовали пакет статистики и оптимизации (EUREKA).

В результате были получены значения исследуемых технологических параметров процесса замеса теста, при которых выбранный критерий достигает оптимума.

При изменении исходной технологической ситуации результаты решения задачи должны быть пересчитаны.

Данную систему можно рекомендовать технологам-операторам для эффективного управления технологическим процессом в режиме реального времени.

В заключение стоит отметить, что использование методов математического моделирования и оптимизации в процессах приготовления хлебопекарного теста позволит повысить эффективность использования интеллектуальных технологий, снизить издержки производства, осуществлять непрерывный мониторинг качества выпускаемой продукции и повысить долю продукции надлежащего качества.

Список использованных источников

1. Благовещенская, М. М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами / М. М. Благовещенская, Л. А. Злобин. – М. : Высшая школа, 2005. – 768 с.

2. Благовещенская, М. М. Основы стабилизации процесса приготовления многокомпонентных масс : монография / М. М. Благовещенская. – М. : Франтера, 2009. – 281 с.

3. Балыхин, М. Г. Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий : монография / М. Г. Балыхин, А. Б. Борзов, И. Г. Благовещенский. – М. : Изд-во Франтера, 2017. – 395 с.

4. Балыхин, М. Г. Архитектура и основная концепция создания интеллектуальной экспертной системы контроля качества пищевой продукции / М. Г. Балыхин, А. Б. Борзов, И. Г. Благовещенский // Пищевая промышленность. – 2017. – № 11. – С. 60 – 63.

5. Благовещенская, М. М. Методология разработки основ моделирования и диагностики гидромеханических систем пищевых производств по их динамическим характеристикам / М. М. Благовещенская, В. Д. Сулимов, П. М. Шкапов // Высокие интеллектуальные технологии и инновации в образовании и науке : материалы XVII Междунар. науч.-метод. конф. 11–12 февраля 2010 г., С.-Петербург. Т. 2. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – С. 95 – 98.

6. Структурно-параметрическое моделирование как инструмент определения критерия качества на складе бестарного хранения муки / М. М. Благовещенская, Е. Б. Карелина, С. А. Серпаков, И. Г. Благовещенский, Д. Ю. Клехо // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – № 4. – С. 36 – 39.

7. Савостин, С. Д. Автоматизация контроля показателей качества муки в процессе размола с использованием интеллектуальных технологий : монография / С. Д. Савостин, М. М. Благовещенская, И. Г. Благовещенский. – М. : Изд-во Франтера, 2016. – 146 с.

8. Адаптивная система управления с идентификатором нестационарными технологическими процессами в отраслях пищевой промышленности / М. Г. Балыхин, И. Г. Благовещенский, Е. А. Назойкин, В. Г. Благовещенский // Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности : сб. материалов конф. – Издательский комплекс МГУПП, 2019. С. 32 – 39.

9. Благовещенский, И. Г. Автоматизированная экспертная система контроля в потоке показателей качества помадных конфет с использованием нейросетевых технологий и систем компьютерного зрения : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06., 26 / И. Г. Благовещенский. – 2015.

10. Методология управления замесом пшеничного теста / А. В. Артамонов, В. Я. Черных, А. С. Максимов, А. В. Семаков, А. В. Шумов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 7. – С. 19 – 21.

11. Благовещенский, И. Г. Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06., 46 / И. Г. Благовещенский. – 2018.

12. Назойкин, Е. А. Применение методов имитационного моделирования для идентификации процессов тестоприготовительного отделения на хлебопекарном предприятии / Е. А. Назойкин, И. Г. Благовещенский // Девятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности : сб. тр. конф. – Издательский комплекс МГУПП. – 2019. – С. 468 – 472.

13. Использование имитационного моделирования для идентификации состояния предприятий в пищевой промышленности / Е. А. Назойкин, И. Г. Благовещенский, В. М. Синча, М. В. Жиров, В. В. Митин // Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности : сб. материалов конф. – Издательский комплекс МГУПП. – 2019. – С. 147 – 155.

References

1. Blagoveshchenskaya, M. M. Information technology of technological process control systems / M. M. Blagoveshchenskaya, L. A. Zlobin. – M. : Higher school, 2005. – 768 p.

2. Blagoveshchenskaya, M. M. Fundamentals of stabilization of the process of preparing multicomponent masses : monograph / M. M. Blagoveshchenskaya. – M. : Frantera, 2009. – 281 p.

3. Balykhin, M. G. Methodological foundations for creating expert systems for monitoring and predicting the quality of food products using intelligent technologies : monograph / M. G. Balykhin, A. B. Borzov,

I. G. Blagoveshchenskiy. – M. : Publishing house of Frantera, 2017. – 395 p.

4. Balykhin, M. G. Architecture and the basic concept of creating an intellectual expert system for quality control of food products / M. G. Balykhin, A. B. Borzov, I. G. Blagoveshchenskiy // Food industry. – 2017. – № 11. – P. 60 – 63.

5. Blagoveshchenskaya, M. M. Methodology for developing the foundations of modeling and diagnostics of hydromechanical systems of food production according to their dynamic characteristics / M. M. Blagoveshchenskaya, V. D. Sulimov, P. M. Shkapov // High intellectual technologies and innovations in education and science : materials of the XVII International Scientific Method. Conf. 11–12 February 2010, St. Petersburg. V. 2. – SPB. : Polytechnic publishing house. Univer., 2010. – P. 95 – 98.

6. Structural-parametric modeling as a tool for determining the quality criterion in the bulk storage of flour / M. M. Blagoveshchenskaya, E. B. Karelina, S. A. Serpakov, I. G. Blagoveshchenskiy, D. Yu. Kleho // Storage and processing of agricultural raw materials. – 2015. – № 4. – P. 36 – 39.

7. Savostin, S. D. Automation of control of flour quality indicators in the grinding process using intelligent technologies : monograph / S. D. Savostin, M. M. Blagoveshchenskaya, I. G. Annunciation. – M. : Publishing house of Franther, 2016. – 146 p.

8. An adaptive control system with an identifier for non-stationary technological processes in the food industry / M. G. Balykhin, I. G. Blagoveshchensky, E. A. Nazoikin, V. G. Blagoveshchensky // Intelligent systems and technologies in the food industry : collection of conference materials. – Publishing complex MGUPP, 2019. – P. 32 – 39.

9. Blagoveshchensky, I. G. Automated expert control system in the stream of quality indicators of fondant sweets using neural network technologies and computer vision systems : Author's Abstract. dis ... cand. tech. Sciences: 05.13.06, 26 / I. G. Blagoveshchensky. – 2015.

10. Methodology for managing the kneading of wheat dough / A. V. Artamonov, V. Ya. Chernykh, A. S. Maksimov, A. V. Semakov, A. V. Shumov // Storage and processing of agricultural raw materials. – 2012. – № 7. – P. 19 – 21.

11. Blagoveshchensky, I. G. Methodological foundations for the creation of expert systems for monitoring and predicting the quality of food products using intelligent technologies : Avtoref. dis. ... doct. tech. Sciences: 05.13.06., 46 / I. G. Blagoveshchensky. – 2018.

12. Nazoikin, E. A. Application of simulation methods for identification of dough dressing processes at a bakery. In the collection / E. A. Na-

zoikin, I. G. Blagoveshchensky // The Ninth All-Russian Scientific and Practical Conference on Simulation and its Application in Science and Industry Proceedings of the conference. – Publishing complex MGUPP. – 2019. – P. 468 – 472.

13. The use of simulation modeling to identify the state of enterprises in the food industry / E. A. Nazoikin, I. G. Blagoveshchensky, V. M. Sincha, M. V. Zhirov, V. V. Mitin // Intelligent systems and technologies in the food industry : collection of conference materials. – Publishing complex MGUPP. – 2019. – P. 147 – 155.

УДК 519/7 + 621.771

С. Л. Блюмин, А. В. Галкин
(ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Липецк, Россия, e-mail: sabl@lipetsk.ru , avgalkin82@mail.ru)

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ ВЕЩЕСТВА И ЭНЕРГИИ В ОТКРЫТЫХ СИСТЕМАХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. Намечен подход к переходу от моделей вещества и энергии в открытых агропромышленных системах к моделям изменений вещества и энергии. Подход основан на современной теории и практике систем и управления и может служить основой для цифровизации оценки изменений вещества и энергии в открытых системах агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: цифровизация, открытые агропромышленные системы, вещество, энергия, изменения.

S. L. Blyumin, A. V. Galkin
(Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia)

DIGITALIZATION OF ESTIMATION OF FLUCTUATIONS OF MATTER AND ENERGY IN OPEN SYSTEMS OF AGRICULTURAL COMPLEX

Abstract. Approach is outlined to transition from models of matter and energy in open agricultural systems to models of fluctuations of matter and energy. Approach based on modern theory and practice of systems and control and may serve as base for digitalization of estimation of fluctuations of matter and energy in open systems of agricultural complex

Keywords: digitalization, open agricultural systems, matter, energy, fluctuations.

Системы агропромышленного комплекса безусловно являются открытыми системами: они непрерывно взаимодействуют с окружающей их средой, в них непрерывно поступают вещество и энергия из окружающей среды. Цифровизация агропромышленного комплекса является актуальной проблемой; она тесно связана с использованием современных информационных систем. На сайте Министерства сельского хозяйства Российской Федерации представлены как Перечень информационных систем Минсельхоза России, так и информация о том, что Минсельхоз России планирует в 2021 г. начать опытную эксплуатацию информационной системы АПК. Цифровизация агропромышленного комплекса является и актуальной научной проблемой.

Современное развитие сельскохозяйственных технологий привело к созданию производственных процессов, характеризующихся сложными режимами. Наиболее полная информация о таких режимах позволяет управлять ими, повышая эффективность сельского хозяйства. Использование математических моделей зависимостей, характеризующих сложные режимы, позволяет определять их оптимальные параметры. При этом, наряду с непосредственными моделями зависимостей технологических показателей от влияющих на них технологических факторов, не менее важную роль играют модели зависимостей изменений технологических показателей от изменений влияющих на них технологических факторов.

Цель данной работы – наметить некоторый подход к переходу от моделей зависимости вещества и энергии в открытых системах от вещества и энергии в окружающей среде к моделям зависимости изменений вещества и энергии от изменений вещества и энергии в окружающей среде с позиций современной теории и практики систем и управления. Такой подход, оформившийся в последнее время в математическом моделировании как концепция математического ремоделирования [1, 2], может определить существенный вклад в цифровизацию агропромышленного комплекса.

С ориентацией на программную реализацию результирующих моделей и их дальнейшего использования в рамках современных информационных технологий с целью цифровизации агропромышленного комплекса рассмотрение ограничено стандартными моделями дискретно-временных линейных стационарных систем управления. Используем наиболее популярную меру изменения величины – ее (абсолютное) приращение. Если исходное значение величины обозначено через x, то ее измененное значение будет $x' = x + \Delta x$. В общем виде задачу моделирования изменений можно поставить так: от модели $y = f(x)$ перейти к модели $\Delta y = F(\Delta x)$.

Стандартная модель указанного выше класса систем записывается в виде

$$x[t+1] = A \cdot x[t] + B \cdot v[t], x[0] = x_0, t = 0,1,\ldots,$$

$$y[t] = C \cdot x[t].$$

Здесь факторами можно считать начальное состояние $x[0]$ и вход $v[t]$, а также параметры A, B, C. Они влияют на показатели – состояние и выход $x[t]$ и $y[t]$ в любой момент дискретного времени:

$$x[t] = A^t \cdot x[0] + \sum_{\tau=0}^{t-1} A^{t-\tau-1} \cdot B \cdot v[\tau],$$

$$y[t] = C \cdot \{A^t \cdot x[0] + \sum_{\tau=0}^{t-1} A^{t-\tau-1} \cdot B \cdot v[\tau]\}.$$

Если факторы получат приращения $\Delta x[0], \Delta v[t], \Delta A, \Delta B, \Delta C$, то показатели получат приращения

$$\Delta x[t] =$$

$$= \{(A+\Delta A)^t \cdot (x[0]+\Delta x[0]) + \sum_{\tau=0}^{t-1} (A+\Delta A)^{t-\tau-1} \times$$

$$\times (B+\Delta B) \cdot (v[\tau]+\Delta v[\tau])\} - \{A^t \cdot x[0] + \sum_{\tau=0}^{t-1} A^{t-\tau-1} \cdot B \cdot v[\tau]\},$$

$$\Delta y[t] =$$

$$= (C+\Delta C) \cdot \{(A+\Delta A)^t \cdot (x[0]+\Delta x[0]) + \sum_{\tau=0}^{t-1} (A+\Delta A)^{t-\tau-1} \times$$

$$\times (B+\Delta B) \cdot (v[\tau]+\Delta v[\tau])\} - C \cdot \{A^t \cdot x[0] + \sum_{\tau=0}^{t-1} A^{t-\tau-1} \cdot B \cdot v[\tau]\}.$$

Рассмотренный подход к переходу от моделей зависимостей величин к моделям зависимостей изменений величин можно охарактеризовать как прямой метод моделирования изменений. Непосредственно видно, что он приводит к достаточно громоздким соотношениям.

Определенные упрощения могут быть достигнуты при переходе к модели зависимости «вход-выход» в виде свертки входа с весовой функцией системы при нулевом начальном состоянии; для простоты ограничимся далее рассмотрением скалярной системы:

$$y[t] = (h * v)[t] = \sum_{\tau=0}^{t-1} h[t-\tau] \cdot v[\tau].$$

Это – частный случай предыдущей модели. При ее использовании полученная прямым методом модель зависимости приращения выхода от приращения входа запишется в виде:

$$\Delta y[t] = (h * (v + \Delta v)[t] - (h * v)[t] =$$
$$= (h * v))[t] + (h * \Delta v)[t] - (h * v)[t] = (h * \Delta v)[t].$$

Таким образом, для зависимости приращения выхода от приращения входа воспроизводится модель зависимости выхода от входа в виде свертки.

В заключение резюмируем, что в данной работе намечен подход к переходу от моделей зависимости вещества и энергии в открытых системах от вещества и энергии в окружающей среде к моделям зависимости изменений вещества и энергии в открытых системах от изменений вещества и энергии в окружающей среде с позиций современной теории и практики систем и управления, что может служить алгоритмической основой цифровизации оценки изменений вещества и энергии в открытых системах агропромышленного комплекса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Липецкой области в рамках научного проекта 19-48-480009-р_а.

Список использованных источников

1. Анализ конечных флуктуаций как подход к математическому анализу ремоделирования [Текст] // С. Блюмин, А. Галкин, П. Сараев, А. Сысоев // Физический журнал: серия конференций. – 2019. – № 1202(1). – С. 12025.

2. Исследование качества подхода ремоделирования динамических объектов с переменной структурой [Текст] // С. Блюмин, А. Галкин, П. Сараев, А. Сысоев // Физический журнал: серия конференций. – 2019. – № 1203(1). – С. 12061.

References

1. Analysis of finite fluctuations as an approach to mathematical remodeling [Text] // S. Blyumin, A. Galkin, P. Saraev, A. Sysoev // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – № 1202(1). – P. 12025.

2. Study on remodeling approach quality of dynamic objects with variable structure [Text] // S. Blyumin, A. Galkin, P. Saraev, A. Sysoev // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – № 1203(1). – P. 12061.

УДК 536.2.083

А. В. Богданов, М. А. Кузнецов, А. С. Лазарев
(ООО «ГазпромВНИИГАЗ», Москва, Россия;
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный
технический университет», Тамбов, Россия;
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова», Москва, Россия,
e-mail: bogdanovav68@gmail.com, kuznectam@mail.ru)

О ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОРИСТЫХ СРЕД

Аннотация. Рассмотрен подход к оценке погрешности измерения теплопроводности пористых сред относительным стационарным методом плоского слоя с учетом различия удельных тепловых потоков, протекающих через эталонный и исследуемый образцы.

Ключевые слова: теплопроводность, относительный стационарный метод плоского слоя, неопределенность, эталон.

A. V. Bogdanov, M. A. Kuznetsov, A. S. Lazarev
(LLC «GazpromVNIIGAZ», Moscow, Russia;
Tambov State Technical University, Tambov, Russia;
Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Moscow, Russia)

ON THE ERROR IN MEASURING THE THERMAL CONDUCTIVITY OF POROUS MEDIA

Abstract. An approach to assessing the error in measuring the thermal conductivity of porous media by the relative stationary method of a flat layer is considered, taking into account the difference in specific heat fluxes flowing through the reference and the test samples.

Keywords: thermal conductivity, relative stationary flat layer method, uncertainty, standard.

Суммарная относительная погрешность измерения теплопроводности пористых сред, насыщенных флюидами, относительным стационарным методом плоского слоя [1] (без учета ошибок отнесения по температуре и давлению) складывается из следующих величин:

$$\delta\lambda = \delta\lambda_{эт} + \delta\lambda_{Q} + \delta\lambda_{\Delta T}\,, \qquad (1)$$

где $\delta\lambda_{эт}$ – относительная погрешность эталона теплопроводности.

По рекомендациям ГОСТ 8.140–82 для рабочих эталонов теплопроводности твердых тел 1 разряда при доверительной вероятности $\alpha = 0{,}95$, $\delta\lambda_{эт} = 3...5\%$; $\delta\lambda_{\Delta T}$ – относительная погрешность измерения разности температур на нагревателе и холодильниках-теплосъемниках исследуемого и эталонного образцов; $\delta\lambda_Q$ – погрешность, обусловленная различием удельных тепловых потоков, протекающих через эталонный и исследуемый образцы.

Для метрологической оценки этой составляющей погрешности используем методику, описанную в [2] для метрологической оценки метода воспроизводства Государственного первичного эталона единицы теплопроводности и передачи ее размера вторичным эталонам и наиболее точным средствам измерений теплопроводности. Согласно этой методике исследуемый плоский образец известной толщины через источник теплоты заданной удельной мощности приводят в тепловой контакт по плоскости с плоским эталонным образцом, термостатируют при заданной температуре внешние плоскости исследуемого и эталонного образцов с теплоизолированными боковыми поверхностями, измеряют температуру в плоскости контакта и определяют теплопроводность исследуемого образца.

К основным причинам, приводящим к увеличению погрешности при таком способе измерения теплопроводности, относится неравенство термических сопротивлений (теплопроводности) эталонного и исследуемого образцов:

$$R_э = \frac{\Delta T}{q_э}; \tag{2}$$

$$R = \frac{\Delta T}{(Q - q_э)}, \tag{3}$$

где $R_э$ – термическое сопротивление эталонного образца; R – термическое сопротивление исследуемого образца; $q_э$ – удельный тепловой поток, протекающий через эталонный образец; ΔT – разность температур на образцах; Q – удельный тепловой поток, генерируемый источником теплоты для создания на образцах разности температур ΔT.

Эта погрешность обусловлена различием удельных тепловых потоков $q_э$ и $Q - q_э$, протекающих через эти образцы.

Теплопроводность исследуемого образца с термическим сопротивлением R и толщиной h определяется как $\lambda = h/R$. Уравнение измерения получается, используя выражения (2) и (3):

$$\lambda = \frac{h(Q - q_э)}{(R_э - q_э)}, \tag{4}$$

где $q_э$ может быть определено из выражения (2) по известному значению $R_э$ и измеренному ΔT. В этом случае формула (4) примет вид:

$$\lambda = \frac{h}{R_э}\left[\frac{Q * R_э}{\Delta T} - 1\right]. \tag{5}$$

На основе уравнения измерения (4) получим уравнение погрешности

$$\delta\lambda_Q = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta R_э}{R_э} + \frac{\Delta(Q - q_э)}{(Q - q_э)} + \frac{\Delta q_э}{q_э}, \tag{6}$$

где $\Delta\lambda/\lambda$ – относительная погрешность измерения теплопроводности; $\Delta h/h$ – относительная погрешность измерения толщины исследуемого образца; $\Delta R_э/R_э$ – относительная погрешность измерения термического сопротивления эталонного образца; $\Delta(Q - q_э)/(Q - q_э)$ – относительная погрешность измерения плотности теплового потока, проходящего через исследуемый образец; $\Delta q_э/q_э$ – относительная погрешность измерения плотности теплового потока, проходящего через эталонный образец.

Абсолютное значение погрешности измерения плотности теплового потока определяется только предельными метрологическими характеристиками используемой аппаратуры, поэтому следует считать, что $\Delta(Q - q_э) = \Delta q_э = \Delta q$. Тогда формулу (6) можно записать в виде:

$$\delta\lambda_Q = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta R_э}{R_э} + \frac{Q}{q_э(Q - q_э)}\Delta q. \tag{7}$$

Коэффициент влияния в последнем слагаемом формулы (7) имеет минимальное значение при

$$q_э = 0{,}5Q, \tag{8}$$

т.е. выполнение условия (8) позволяет обеспечить наивысшую точность измерения теплопроводности описываемым способом. Так, при

измерении теплопроводности порядка 0,03 Вт/(м·К) при температуре 20 °С и использовании эталонного образца с минимальной теплопроводностью 0,2 Вт/(м·К) из органического стекла тех же геометрических размеров (ГОСТ 8.140–82) получим $q_э$ = 0,15Q, что приводит почти к двукратному увеличению влияния погрешности Δq в формуле (7).

Применительно к интервалу изменения теплопроводности насыщенных пород 1...5 Вт/м·К и использовании в качестве материала для эталона оптического стекла марки КВ с теплопроводностью 0,651...1,663 Вт/м·К в интервале температур 90...500 К по расчетам [2] погрешность, обусловленная различием удельных тепловых потоков, протекающих через эталонный и исследуемый образцы $\delta\lambda_Q$, составит 0,5...1,0%.

При финансовой поддержке РФФИ (*проект 20-08-00066а*).

Список использованных источников

1. Патент РФ № 2575473. Способ измерения влияния давления до 100 МПа на теплопроводность флюидонасыщенных пористых тел / Кузнецов М. А., Григорьев Е. Б., 22.01.2016 г.

2. Патент РФ № 2276781. Способ определения теплопроводности материалов / Соколов Н. А., 20.05.2006 г.

References

1. RF Patent № 2575473. Method for measuring the influence of pressure up to 100 MPa on the thermal conductivity of fluid-saturated porous bodies / Kuznetsov M. A., Grigoriev E. B., 22.01.2016.

2. RF Patent No. 2276781. Method for determining the thermal conductivity of materials / Sokolov N. A., 20.05.2006.

УДК 631.636.7

М. К. Бралиев[1], А. И. Завражнов[2,3], А. С. Ткачев[2],
Н. В. Хольшев[2], С. М. Ведищев[2], В. О. Котовская[2]
[1] (Западно-Казахстанский аграрно-технический университет
им. Жангир хана, Казахстан, Уральск);
[2] (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный
технический университет», Тамбов, Россия);
[3] (ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»,
Мичуринск, Россия,
e-mail: aisheva.laura@mail.ru, aiz@mgau.ru, tas.36@yandex.ru,
xhb@live.ru; serg666_65@mail.ru, viktoria.kotovsckaja@yandex.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ В ШНЕКОЛОПАСТНОМ СМЕСИТЕЛЕ С КОМБИНИРОВАННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

Аннотация. Получены выражения определения времени цикла от угла установки перемешивающе-транспортирующих лопаток и частоты вращения рабочих органов.

Ключевые слова: шнеколопастной смеситель, шнековая навивка, лопасть, лопатка, угол установки, угловая скорость, время цикла.

M. K. Braliev[1], A. I. Zavrazhnov[2,3], A. S. Tkachev[2],
N. V. Hol'shev[2], S. M. Vedishchev[2], V. O. Kotovskaya[2]
[1] (Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University,
Uralsk, Kazakhstan);
[2] (Tambov State Technical University, Tambov, Russia);
[3] (Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia)

SIMULATION OF THE MIXING PROCESS IN A SCREW-TYPE MIXER WITH COMBINED WORKING BODIES, TAKING INTO ACCOUNT ENVIRONMENTAL REQUIREMENTS

Abstract. Expressions for determining the cycle time from the angle of installation of mixing and transporting blades and the rotation frequency of working bodies are obtained.

Keywords: screw-blade mixer, screw winding, blade, blade, installation angle, angular velocity, cycle time.

Одними из важных характеристик смесителя являются его производительность за цикл и мощность [1].

Корм под действием шнековой навивки (рис. 1) перемещается вдоль оси вала и к стенке бункера, на это уйдет время $\tau_{ш}$, на участке *II* под действием перемешивающе-транспортирующих лопаток корм движется к стенке бункера и вдоль оси вала, это займет время $\tau_{пт.1}$, на участке *III* корм перемещается вдоль оси вала за время $\tau_{пт.2}$ и частично перебрасывается на другой рабочий орган (участок *II*) за время $\tau_{п}$, на участке *IV* происходит переброс корма окончательно за время $\tau_{л}$. На втором рабочем органе рабочий процесс протекает аналогично и за то же время [2].

Производительность смесителя периодического действия за цикл определяется в общем случае по формуле [4]:

$$Q = \frac{V_{п.б}\ \varphi_{н}\rho}{\tau_{см} + \tau_{всп}}, \qquad (1)$$

где $\varphi_{н}$ – коэффициент наполнения смесительной камеры; $V_{п.б}$ – полезный объем камеры смешивания, м^3; $\tau_{см}$ – время смешивания, с; $\tau_{всп}$ – время вспомогательных операций, с.

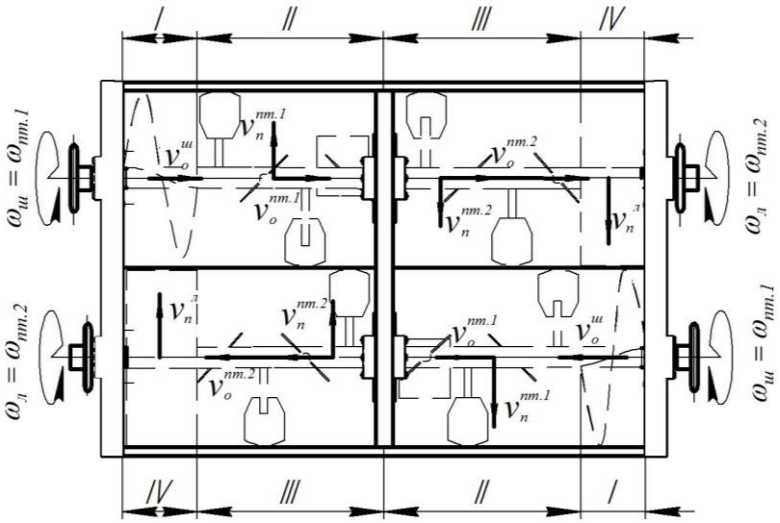


Рис. 1. Схема движения корма в смесителе:
I – участок шнековой навивки; *II*, *III* – участки перемешивающе-транспортирующих лопаток; *IV* – участок перебрасывающих лопастей

Время смешивания $\tau_{см}$ равно времени прохождения компонентов смеси по всем участкам *I* – *IV* каждого рабочего органа (рис. 1). В таком случае можно записать [2]:

$$\tau_{см} = n_{ц}\tau_{ц}, \qquad (2)$$

где $n_{ц}$ – количество циклов; $\tau_{ц}$ – время цикла, с.

Теоретическое значение времени прохождения смеси по всем участкам каждого рабочего органа определиться выражением:

$$\tau_{ц} = 2(\tau_{ш} + \tau_{пт.1} + \tau_{п} + \tau_{пт.2} + \tau_{л}), \qquad (3)$$

Для исключения застойных зон в смесителе необходимо, чтобы выполнялось условие на каждом рабочем органе [2]:

$$Q_{ш} = Q_{пт.1} + Q_{п} = Q_{пт.2} + Q_{пер} = Q_{л}, \qquad (4)$$

где $Q_{ш}$, $Q_{пт.1}$, $Q_{пт.2}$ – соответственно осевая подача шнекового участка, первого и второго участков перемешивающе-транспортирующих лопаток, кг/с; $Q_{ш}$ – величина подпора, кг/с; $Q_{л}$, $Q_{пер}$ – величина поперечной подачи соответственно на участке перебрасывающих лопастей и втором участке перемешивающе-транспортирующих лопаток, кг/с.

Частицы корма участвуют в осевом и вращательном движении относительно рабочего органа. Время нахождения смеси на участках рабочих органов зависит, прежде всего, от осевой подачи.

С учетом схемы движения корма, а также выражений (3) и (4) можно написать:

$$\tau_{ц} = 2\left(\frac{Q_{пт.2}}{Q_{пт.2}+Q_{пер}}\left(\frac{m}{Q_{ш}}+\frac{m}{Q_{л}}\right)+\frac{m}{Q_{пт.1}}+\tau_{п}+\frac{m}{Q_{пт.2}+Q_{пер}}\right), \qquad (5)$$

где m – масса загруженного корма, кг.

Осевую подачу шнека рекомендуется определять по формуле [2, 3]:

$$Q_{ш} = 0{,}25\pi\left(D_{ш}^2 - d_{ш}^2\right)\omega_{ш} r_{с}\sin\alpha_{с}(\cos\alpha_{с} - f\sin\alpha_{с})\rho\varphi_{н}^{ш}, \qquad (6)$$

где $D_{ш}$ и $d_{ш}$ – диаметры соответственно шнека и его вала, м; $\omega_{ш}$ – угловая скорость шнековой навивки, $с^{-1}$; $r_{с}$ – средний радиус шнековой навивки, м; $\alpha_{с}$ – средний угол развертки шнековой навивки, град.; f – коэффициент внешнего трения; ρ – объемная масса корма, $кг/м^3$; $\varphi_{н}^{ш}$ – коэффициент заполнения сечения шнека.

Осевая подача участка перемешивающе-транспортирующих лопаток соответственно на первом и втором участках определяется выражениями [2, 5]:

$$Q_{\text{пт.1}} = \pi(R^2_{\text{пт.1}} - r^2_{\text{пт.1}})\varphi_{\text{н}}^{\text{пт.1}} b_{\text{пт.1}} (\cos\alpha_{\text{пт.1}}) n_{\text{пт.1}} \rho k_{\text{л}}^{\text{пт.1}}, \quad (7)$$

$$Q_{\text{пт.2}} = \pi(R^2_{\text{пт.2}} - r^2_{\text{пт.2}})\varphi_{\text{н}}^{\text{пт.2}} b_{\text{пт.2}} (\cos\alpha_{\text{пт.2}}) n_{\text{пт.2}} \rho k_{\text{л}}^{\text{пт.2}}, \quad (8)$$

где $R_{\text{пт.1}}, R_{\text{пт.2}}, r_{\text{пт.1}}, r_{\text{пт.1}}$ – максимальный и минимальный радиус перемешивающе-транспортирующей лопатки соответственно на первом и втором участках, м; $\varphi_{\text{н}}^{\text{пт.1}}, \varphi_{\text{н}}^{\text{пт.2}}$ – коэффициент наполнения смесителя соответственно на первом и втором участках перемешивающе-транспортирующих лопаток; $\alpha_{\text{пт.1}}$, $\alpha_{\text{пт.2}}$ – угол установки перемешивающе-транспортирующих лопаток к продольной оси смесителя соответственно на первом и втором участках, град; $b_{\text{пт.1}}$, $b_{\text{пт.2}}$ – ширина перемешивающе-транспортирующих лопаток соответственно на первом и втором участках, м; $n_{\text{пт.1}}$, $n_{\text{пт.2}}$ – частота вращения вала смесителя соответственно на первом и втором участках, с$^{-1}$; $k_{\text{л}}^{\text{пт.1}}$, $k_{\text{л}}^{\text{пт.2}}$ – коэффициент, учитывающий обтекание лопатки смешиваемой массой в осевом направлении соответственно на первом и втором участках перемешивающе-транспортирующих лопаток.

Поперечная подача на втором участке перемешивающе-транспортирующих лопаток определится выражением:

$$Q_{\text{пер}} = \pi(R^2_{\text{пт.2}} - r^2_{\text{пт.2}})\varphi_{\text{н}}^{\text{пт.2}} b_{\text{пт.2}} (\sin\alpha_{\text{пт.2}}) n_{\text{пт.2}} \rho k_{\text{л.р}}^{\text{пт.2}}, \quad (9)$$

где $k_{\text{л.р}}^{\text{пт.2}}$ – коэффициент, учитывающий обтекание лопатки смешиваемой массой на втором участке в радиальном направлении.

Поперечная подача перебрасывающих лопастей:

$$Q_{\text{л}} = \pi 0{,}25 b_{\text{л}} \varphi_{\text{н}}^{\text{л}} n_{\text{л}} z_{\text{л}} (D^2_{\text{л}} - d^2_{\text{л}})\, \rho k_{\text{л}}^{\text{л}}, \quad (10)$$

где $b_{\text{л}}$ – ширина лопасти, м; $\varphi_{\text{н}}^{\text{л}}$ – коэффициент наполнения на участке перебрасывающих лопастей; $n_{\text{л}}$ – частота вращения вала смесителя на лопастном участке, с$^{-1}$; $z_{л}$ – число перебрасывающих лопастей в поперечном сечении, шт.; $D_{\text{л}}, d_{\text{л}}$ – максимальный и минимальный диаметр лопастей соответственно, м; $k_{\text{л}}^{\text{л}}$ – коэффициент, учитывающий обтекание лопасти смешиваемой массой.

Подставив в (1) выражения (5) – (10) получим выражение для определения теоретической производительности шнеколопастного смесителя.

Для расчета теоретических показателей работы шнеколопастного смесителя в соответствии с предложенной методикой расчета была составлена программа на языке программирования «Delphi 7.0».

При помощи разработанной программы был произведен поиск оптимального соотношения частоты вращения разных частей рабочих органов, а также оптимального соотношения углов установки перемешивающе-транспортирующих лопаток на первом и втором участках. При определении оптимального соотношения частот вращения частей рабочих органов при угле установки лопаток 30° поверхность имела вид, представленный на рис. 2, а поверхность оптимизации соотношения угла установки лопаток при частоте вращения 20 мин$^{-1}$ представлена на рис. 3.

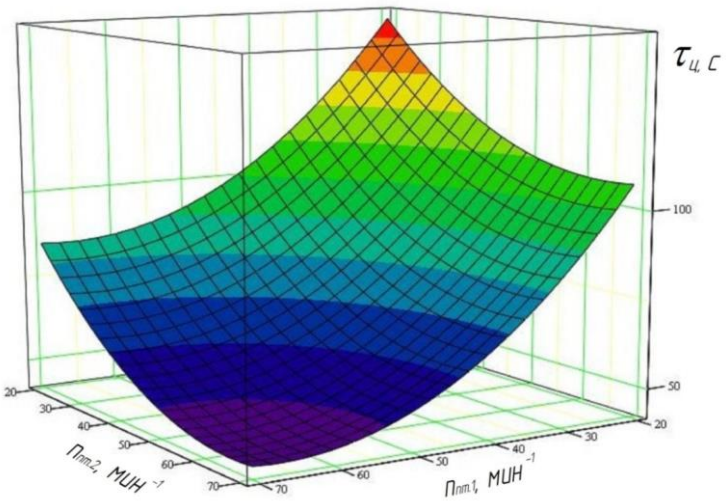


Рис. 2. Поверхность при определении оптимального соотношения частот вращения частей рабочих органов при угле установки лопаток 30°

Анализ рисунков 2 и 3 показывает, что лучшим значением для угла на первом участке перемешивающе-транспортирующих лопаток является $\alpha_{пт.1} = 30°$.

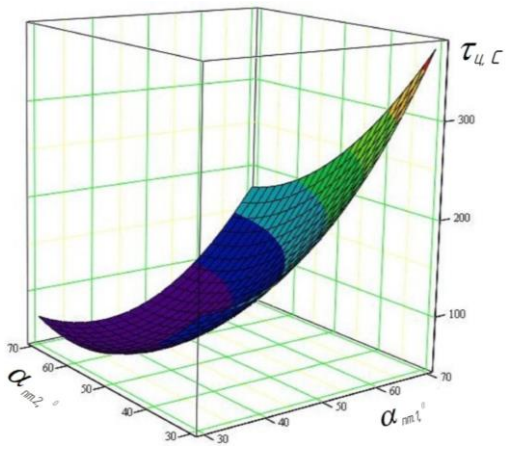


Рис. 3. Поверхность при определении оптимального соотношения углов установки лопаток на разных участках при частоте вращения рабочих органов 20 мин$^{-1}$

Значения оптимального соотношения углов установки и соотношения скоростей можно найти по уравнению поверхности, определив точку экстремума, так, например, при частоте 20 мин$^{-1}$ оптимальные углы составят $\alpha_{пт.1} = 39{,}62°$, а $\alpha_{пт.2} = 63{,}92°$, время цикла 51 секунда.

В результате проведения теоретических исследований были определены оптимальные соотношений углов установки лопаток на разных участках рабочих органов и их частот вращения с точки зрения минимального времени цикла, полученные соотношения требуют экспериментальной проверки и уточнения в плане обеспечения требуемого качества смеси.

Список использованных источников

1. Ведищев, С. М. Исследование влияния конструктивно-режимных параметров шнеколопастного смесителя на его качественные показатели / С. М. Ведищев, Н. В. Хольшев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 3(34). – С. 32 – 34.

2. Ведищев, С. М. Теоретическое исследование влияния конструктивно-режимных параметров шнеколопастного смесителя на его производительность [Текст] / С. М. Ведищев, Н. В. Хольшев // Вестник

мичуринского аграрного университета. Научно-производственный журнал. – Мичуринск : Изд-во Мичуринского госагроуниверситета. – 2011. – № 2, Ч. 2. – С. 23 – 26.

3. Демин, О. В. Оперативное управление процессом смешения [Текст] / О. В. Демин, Д. О. Смосин, В. Ф. Першин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 4(42). – С. 356 – 366.

4. Иванова, А. П. Интенсификация и оптимизация процесса смешения компонентов при приготовлении сыпучих кормов : автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.20.01 / Иванова А. П. – Оренбург, 2000. – 20 с.

5. Механизация животноводства : метод. указ. / сост. : В. Т. Щедрин, С. М. Ведищев, Ю. Е. Глазков. – Тамбов : Тамб. ин-т хим. машиностр., 1993. – 46 с.

References

1. Vedishchev, S. M. Issledovanie vliyaniya konstruktivno-rezhimnyh parametrov shnekolopastnogo smesitelya na ego kachestvennye pokazateli / S. M. Vedishchev, N. V. Hol'shev // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2011. – № 3(34). – S. 32 – 34.

2. Vedishchev, S. M. Teoreticheskoe issledovanie vliyaniya konstruktivno-rezhimnyh parametrov shnekolopastnogo smesitelya na ego proizvoditel'nost' [Tekst] / S. M. Vedishchev, N. V. Hol'shev // Vestnik michurinskogo agrarnogo universiteta. Nauchno-proizvodstvennyj zhurnal. – Michurinsk : Izd-vo Michurinskogo gosagrouniversiteta. – 2011. – № 2, CH. 2. – S. 23 – 26.

3. Dyomin, O. V. Operativnoe upravlenie processom smesheniya [Tekst] / O. V. Dyomin, D. O. Smosin, V. F. Pershin // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2012. – № 4(42). – S. 356 – 366.

4. Ivanova, A. P. Intensifikaciya i optimizaciya processa smesheniya komponentov pri prigotovlenii sypuchih kormov : avtoref. dis. … kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Ivanova .A. P. – Orenburg, 2000. – 20 s.

5. Mekhanizaciya zhivotnovodstva : metod. ukaz. / sost. : V. T. Shchedrin, S. M. Vedishchev, Yu. E. Glazkov. – Tambov : Tamb. in-t him. mashinostr., 1993. – 46 s.

УДК 536.2

Е. В. Буланов, А. Г. Дивин, С. В. Пономарев
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Мехатроника и технологические измерения»,
Тамбов, Россия, e-mail: kafedra@uks.tstu.ru)

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА ПЛОСКОГО ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

Аннотация. С использованием метода плоского импульсного источника теплоты получена информация о коэффициенте температуропроводности для растительных тканей картофеля различного качества, позволяющая рассчитать режимные параметры теплового бесконтактного неразрушающего контроля, при которых обеспечивается обнаружение температурного контраста между здоровыми и дефектными участками поверхности картофеля.

Ключевые слова: измерение, влажность, коэффициент температуропроводности, теплопроводность, измерительная установка, обработка данных, растительные ткани, тепловой импульс.

E. V. Bulanov, A. G. Divin, S. V. Ponomarev
(Tambov State Technical University, Department of Mechatronics
and Technological Measurements, Tambov, Russia)

ON THE ISSUE OF USING THE METHOD OF A FLAT PULSED HEAT SOURCE FOR MEASURING THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF ROOT AND TUBER CROPS

Abstract. Using the method of a flat pulsed heat source, information was obtained on the thermal diffusivity coefficient for plant tissues of potatoes of various qualities, which makes it possible to calculate the operating parameters of thermal non-contact non-destructive testing, which ensure the detection of the temperature contrast between healthy and defective areas of the potato surface.

Keywords: measurement, humidity, thermal diffusivity, thermal conductivity, measuring installation, data processing, plant tissues, thermal impulse.

В последнее время активно проводятся исследования [1 – 5], посвященные разработке и модернизации новых методик обеспечения качества сельскохозяйственной продукции за счет использования в процессе сортировки системы технического зрения на основе обработки гиперспектральных изображений в составе роботизированного комплекса. Однако такие сложные системы требуют тщательной ка-

либровки и настройки. Метод плоского импульсного источника теплоты дает возможность исследования корнеклубнеплодов с целью выявления функциональных зависимостей их теплофизических свойств от качества данных продуктов.

В статье [3], используя методы метрологии и теории теплопроводности, были разработаны: 1) математическая модель относительных погрешностей измерения теплопроводности и коэффициента температуропроводности твердых материалов методом плоского импульсного источника теплоты; 2) создана методика выбора оптимальных условий проведения процесса обработки экспериментальных данных, основного конструкционного размера измерительного устройства, а также оптимальной длительности теплового импульса.

После изготовления и отладки измерительной ячейки в процессе ее работы в составе информационно-измерительной системы была выполнена работа с целью получить практические оценки погрешностей экспериментального измерения теплофизических свойств материалов с применением разработанного метода плоского импульсного источника теплоты.

В качестве исследуемого материала использовались клубни картофеля с внутренней растительной тканью разного качества.

Эксперименты с внутренней растительной тканью картофеля показали, что эффективная теплопроводность здоровой ткани картофеля сорта «Удача», а также ее объемная теплоемкость несколько отличаются от дефектной, в частности от ткани, пораженной сухой гнилью, фитофторозом и альтернариозом. Различие теплофизических свойств тканей может быть объяснено разным содержанием в них воды, а также изменением их структуры.

Выполненные исследования показали, что информация о коэффициенте температуропроводности для растительных тканей картофеля различного качества позволяет рассчитать режимные параметры теплового бесконтактного неразрушающего контроля, при которых обеспечивается обнаружение температурного контраста между здоровыми и дефектными участками поверхности картофеля.

Список использованных источников

1. Пономарев, С. В. Применение математических основ метрологии при оптимизации режимных параметров методов и основных конструкционных размеров устройств для измерения теплофизических свойств веществ : монография / С. В. Пономарев, А. Г. Дивин, Д. А. Любимова ; под науч. ред. С. В. Пономарева. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 160 с.

2. Установка для измерения теплофизических свойств теплоизоляционных материалов методами линейного и плоского импульсных источников теплоты / В. О. Буланова, Е. В. Буланов, С. В. Пономарев, А. Г. Дивин // Известия вузов. Приборостроение. – 2019. – Т. 62, № 11. – С. 157 – 166.

3. Минимизация погрешностей измерений коэффициентов теплопроводности и температуропроводности теплоизоляционных материалов методом плоского импульсного источника теплоты / С. В. Пономарев, Е. В. Буланов, В. О. Буланова, А. Г. Дивин // Измерительная техника. – 2018. – № 12. – С. 43 – 46.

4. Теплофизические измерения и приборы / Е. С. Платунов и др. ; под ред. Е. С. Платунова. – Л. : Машиностроение, 1986. – 256 с.

5. Оптимизация измерений теплофизических свойств теплоизоляционных материалов / С. В. Пономарев, В. О. Буланова, А. Г. Дивин, Е. В. Буланов // Метрология. – 2015. – № 4. – С. 40 – 50.

References

1. Ponomarev, S. V. Application of the mathematical foundations of metrology in optimizing the operational parameters of methods and the main structural dimensions of devices for measuring the thermophysical properties of substances : monograph / S. V. Ponomarev, A. G. Divin, D. A. Lyubimova ; under the scientific. ed. S. V. Ponomareva. – Tambov : Publishing House of FSBEI HPE “TSTU”, 2015. – 160 p.

2. Installation for measuring the thermophysical properties of insulating materials by linear and planar pulsed heat sources / V. O. Bulanova, Ye. V. Bulanov, S. V. Ponomarev, A. G. Divin // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroyeniye [Proceedings of higher educational institutions. Instrument making]. – 2019. – V. 62, № 11. – P. 1022 – 1029 (In Russ., abstract in Eng.)

3. Optimization of the Heat Pulse Duration, Basic Construction Size of the Device and Conditions of Experimental Data Processing when Measuring Thermophysical Properties of Heat Insulating Materials by Pulse Plane Heat Source Method while Improving the Management System of the Testing Laboratory / S. V. Ponomarev, E. V. Bulanov, V. O. Bulanova, A. G. Divin, G. V. Mozgova, S. S. S. Al-Busaidi // Advanced Materials & Technologies. – 2018. – Is. 4. – P. 69 – 81. DOI: 10.17277/amt.2018.04.pp.069-081.

4. Teplofizicheskiye izmereniya i pribory [Thermophysical measurements and instruments] / Ye. S. Platunov [Ed.], S. Ye. Buravoy, V. V. Kurepin, G. S. Petrov. – Leningrad : Mashinostroyeniye, 1986. – 256 p. (In Russ.)

5. Optimization of Measurements of the Thermophysical Properties of Thermally Insulating Materials / S. V. Ponomarev, V. O. Bulanova, A. G. Divin, E. V. Bulanov // Measurement Techniques. – 2016. – V. 58, № 12. – P. 1360 – 1366. DOI: 10.1007/s11018-016-0899-z.

УДК 536.2

В. О. Буланова, А. Г. Дивин, С. В. Пономарев
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Мехатроника и технологические измерения», Тамбов, Россия, e-mail: kafedra@uks.tstu.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЯБЛОК

Аннотация. Предложен способ измерения влажности растительных тканей яблок, основанный на зависимости теплопроводности и коэффициента температуропроводности материалов от их влажности. Полученные экспериментальные зависимости аппроксимированы полиномами, которые могут быть использованы для контроля содержания влаги в яблоках и экспрессной калибровки влагомеров, используемых при неразрушающих измерениях влажности и оценки степени увядания яблок.

Ключевые слова: измерение, влажность, измерительная установка, коэффициент температуропроводности, обработка данных, растительные ткани, тепловой импульс.

V. O. Bulanova, A. G. Divin, S. V. Ponomarev
(Tambov State Technical University, Department of Mechatronics and Technological Measurements, Tambov, Russia)

ON THE ISSUE OF USING THE METHOD OF A FLAT PULSED HEAT SOURCE FOR MEASURING THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF ROOT AND TUBER CROPS

Abstract. A method for measuring the moisture of vegetable tissues of apples based on the de-pendence of thermal conductivity and thermal diffusivity of materials on their mois-ture is proposed. The obtained experimental dependences were approximated by poly-nomials that can be used to control the moisture content in apples and the express cali-bration of moisture meters used in non-destructive measurements of moisture and to assess the degree of wilting of apples.

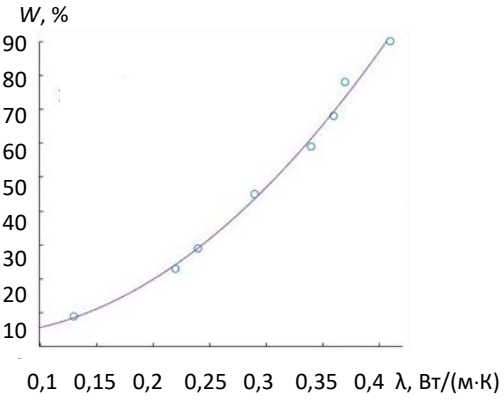
Keywords: measurement, thermal diffusivity, heat pulse, data processing, measuring installation, humidity, plant tissues.

Для агропромышленного комплекса страны в условиях рыночной экономики актуально решение проблемы повышения качества сельскохозяйственной продукции, эффективности ее производства и хранения. Для фруктов и овощей необходимыми условиями обеспечения качества собранного урожая на долгое время являются эффективная сортировка и поддержание заданных условий при хранении. Необходимым условием сохранности овощей и фруктов, и, в частности, яблок, является поддержание влажности растительных тканей на заданном уровне (за счет поддержания влажности воздуха в хранилищах на уровне 90…95%), что предотвращает преждевременное увядание плодов. Перспективным направлением в области обеспечения качества яблок является разработка измерительных комплексов с применением бесконтактных измерений на основе гиперспектральных камер, работающих в ближнем инфракрасном диапазоне, включающем длины волн, на которых наблюдаются максимумы поглощения энергии молекулами воды. Однако, как показали экспериментальные исследования, на спектрограмму растительных тканей яблок влияет не только содержание в них воды, но и сорт плода, место его произрастания, степень зрелости и ряд других характеристик. Поэтому для контроля точности измерений и экспрессной калибровки гиперспектральных камер необходим альтернативный и недорогой способ измерения влажности растительных тканей. Таким методом может быть теплофизический метод измерения влажности, рассмотренный в работах [1, 2].

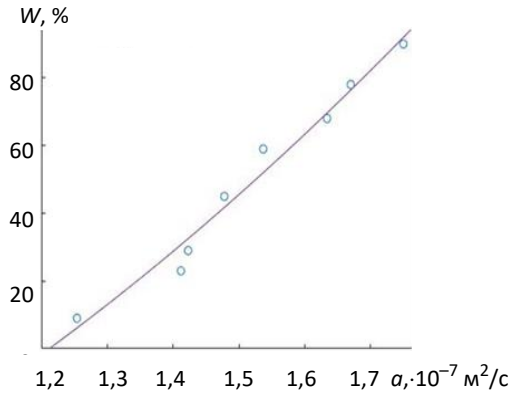
Теплофизические характеристики растительных тканей яблок исследованы с применением разработанной и изготовленной экспериментальной установки метода линейного импульсного источника теплоты, включенной в состав информационно-измерительной системы [2].

Эксперименты с внутренней растительной тканью яблока показали, что эффективные значения теплопроводности и коэффициента температуропроводности растительной ткани яблок сорта «Айдаред» отличаются у образцов с разной влажностью. Различие теплофизических свойств тканей может быть объяснено разным содержанием в них воды.

Учитывая, что случайная погрешность измерения значения эффективной теплопроводности растительных тканей значительно меньше погрешности измерения коэффициента температуропроводности, то предпочтительно пользоваться характеристикой, представленной на рис. 1, *а*. В этом случае погрешность измерения влажности не превысит 7%. Функциональная зависимость влажности W от теплопроводности λ (рис. 1, *а*) может быть выражена формулой $W = 6{,}4 \cdot 10^2 \lambda^2 - 52\lambda + 4{,}5$; от коэффициента температуропроводности $a - W = 52a^2 + 17a - 97$ (рис. 1, *б*).



а)



б)

Рис. 1. Градуировочные характеристики для измерения влажности *W* растительной ткани яблока в зависимости от эффективных значений теплопроводности (*а*) и коэффициента температуропроводности (*б*)

Таким образом, представленная экспериментальная установка и основанная на ее использовании методика измерения влажности может быть использована как референтная методика [3] для оценки правильности измерений или для экспрессной калибровки других средств измерения, в частности, гиперспектральной камеры SPECIM FX10, используемой для измерения влажности твердых растительных мате-

риалов. Результаты определения теплофизических характеристик растительных тканей яблок могут быть также использованы для расчета режимных параметров процесса сушки яблок, а также других процессов, связанных с переносом тепла и влаги.

Список использованных источников

1. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / А. Г. Шашков и др. ; под ред. А. В. Лыкова. – М. : Энергия, 1973. – 336 с.

2. Установка для измерения теплофизических свойств теплоизоляционных материалов методами линейного и плоского импульсных источников теплоты / В. О. Буланова и др. // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2019. – Т. 62, № 11. – С. 1022 – 1029.

3. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. – Взамен РМГ 29-99 ; введ. 2015-01-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 59 с.

References

1. Metody opredeleniya teploprovodnosti i temperaturoprovodnosti [Methods for determining thermal conductivity and thermal diffusivity] / A. G. Shashkov, G. M. Volokhov, T. M. Abramenko, V. P. Kozlov, A. V. Lykov [Ed.]. – Moscow : Energiya, 1973. – 336 p. (In Russ.)

2. Installation for measuring the thermophysical properties of insulating materials by linear and planar pulsed heat sources / V. O. Bulanova, Ye. V. Bulanov, S. V. Ponomarev, A. G. Divin // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroyeniye [Proceedings of higher educational institutions. Instrument making]. – 2019. – V. 62, № 11. – P. 1022 – 1029. (In Russ., abstract in Eng.)

3. RMG 29-2013 GSI. Metrologiya. Osnovnyye terminy i opredeleniya [RMG 29-2013 GSI. Metrology. Key terms and definitions]. – Moscow : Standartinform, 2014. – 59 p. (In Russ.)

УДК 661.935, 519.633.2

О. О. Голубятников, Е. И. Акулинин,
Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», Тамбов, Россия, e-mail: golubyatnikov_ol@mail.ru)

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА В ЦИКЛИЧЕСКИХ АДСОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ

Аннотация. Методом математического моделирования проведены численные исследования процесса разделения синтез-газа и концентрирования водорода, осуществляемого в четырехадсорберной установке с гранулированным цеолитовым адсорбентом NaX: исследовано влияние возмущающих воздействий (состава и температуры исходной водородсодержащей газовой смеси), режимных (длительности цикла, давления на выходе компрессора, давления на входе вакуум-насоса, коэффициента обратного потока) и конструктивных параметров (длины насыпного слоя адсорбента и внутреннего диаметра адсорбера) на чистоту продуктового водорода, степень его извлечения и производительность установки. Определены наиболее опасные возмущающие воздействия и наиболее эффективные режимные параметры циклического адсорбционного процесса разделения синтез-газа.

Ключевые слова: короткоцикловая безнагревная адсорбция, синтез-газ, водород, математическое моделирование, численное исследование.

O. O. Golubyatnikov, E. I. Akulinin, D. S. Dvoretsky, S. I. Dvoretsky
(Tambov State Technical University, Department of Technologies and Equipment of Food and Chemical Production, Tambov, Russia)

NUMERICAL STUDIES OF HYDROGEN PRODUCTION IN PRESSURE SWING ADSORPTION PROCESSES

Abstract. Numerical studies of the process of separation of synthesis gas and concentration of hydrogen in a four-adsorber unit with granulated zeolite adsorbent 13X were carried out by methods of mathematical modeling: the influence of disturbing influences (composition and temperature of the initial hydrogen-containing gas mixture), regime parameters (cycle duration, pressure at the compressor outlet, pressure at the vacuum pump inlet, backflow coefficient) and design parameters (length of the adsorbent bulk layer and inner diameter of the adsorber) on the purity of the product hydrogen, its recovery rate and productivity of the unit were studied. The most dangerous disturbances and the most effective regime parameters of pressure swing adsorption process of synthesis gas separation were determined.

Keywords: pressure swing adsorption, synthesis gas, hydrogen, mathematical modeling, simulation.

Наиболее эффективным методом промышленного разделения водородсодержащих технологических потоков для концентрирования водорода чистотой 99,99 об.% и более на твердых адсорбентах является метод короткоцикловой безнагревной адсорбции с переменным давлением (КБА), известный в мире как Pressure Swing Adsorption [1].

При функционировании установок КБА возникает проблема обеспечения требуемых технологических показателей по чистоте продуктового водорода, его степени извлечения и производительности установки вследствие влияния различных возмущающих воздействий, источниками которых являются непостоянство состава и температуры исходной газовой смеси (синтез-газа), изменение характеристик адсорбента в ходе эксплуатации установки КБА, колебания в величине отбора продуктового потока [2]. Так, например, состав синтез-газа, получаемого по методу Лурги, может лежать в диапазоне 15…18% для CO, 38…40% для H_2, 9…11% для CH_4, 30…32% CO_2; температура исходной газовой смеси может изменяться от 20 до 50 °C [2].

При численном исследовании влияния возмущающих воздействий, режимных и конструктивных параметров установки КБА на показатели эффективности функционирования циклического процесса адсорбционного концентрирования водорода использовали в качестве: 1) режимных параметров установки КБА – длительность стадии адсорбции, по продолжительности равная стадии десорбции и выравнивания, давление на выходе компрессора, давление на входе вакуум-насоса; коэффициент обратного потока, определяющий долю продуктового потока, которая отбирается на регенерацию адсорбента; 2) конструктивных параметров установки – длину (высоту) насыпного слоя адсорбента, внутренний диаметр адсорбера, диаметр частиц насыпного слоя адсорбента; 3) возмущающих воздействий – состав и температуру исходной водородсодержащей газовой смеси, поступающей в адсорберы на разделение.

На основе современных методов системного анализа, математического моделирования и вычислительного эксперимента получены новые результаты для теории и практики создания циклических адсорбционных процессов разделения многокомпонентных газовых смесей. Определены: 1) наиболее опасные возмущающие воздействия процесса КБА разделения синтез-газа и концентрирования водорода – состав и температура исходной водородсодержащей смеси; 2) наиболее эффективные режимные параметры – длительность стадии адсорбции, давление на выходе компрессора, давление на входе вакуум–насоса и коэффициент обратного потока. Установлено, что при повышении температуры от 298 до 323 К и снижении концентрации водорода от 68 до 48 об.% в исходной газовой смеси для обеспечения тре-

буемой чистоты водорода 99,99 об.% наиболее целесообразно повышение давления на выходе компрессора в 1,7 раза и уменьшение коэффициента обратного потока на ~5% относительно их номинальных значений, при этом эффективность работы установки снижается на ~10% из-за уменьшения степени извлечения водорода. Также установлено, что увеличение длины насыпного слоя адсорбента от 0,9 до 1,2 м приводит к увеличению перепада давлений в слое адсорбента и к снижению степени извлечения водорода в среднем на 5%. Уменьшение длины насыпного слоя адсорбента от 0,9 до 0,6 м приводит к быстрому исчерпанию адсорбционной емкости адсорбента и в результате этого требуемая чистота водорода 99,99 об.% не достигается. При уменьшении содержания водорода от 68 до 48 об.% и одновременном увеличении содержания диоксида углерода в исходной газовой смеси от 27 до 47 об.% адсорбционная емкость исчерпывается быстрее, а требуемое значение чистоты водорода на уровне 99,99 об.% не достигается. При этом производительность установки снижается на ~25%.

Полученные в данной работе результаты могут быть использованы при проектировании новых автоматизированных процессов и адсорбционных технологических установок с циклически изменяющимся давлением для разделения и очистки водородсодержащих газовых смесей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России в рамках гранта Президента РФ МК-1604.2020.8.

Список использованных источников

1. Оптимизация адсорбционных процессов и установок для очистки и разделения газовых смесей при переменном давлении / Э. И. Акулинин, О. О. Голубятников, Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий // Известия химического машиностроения. – 2019. – Т. 74. – С. 883 – 888.

2. Численное исследование циклических адсорбционных процессов обогащения воздуха кислородом в динамике / Е. И. Акулинин, О. О. Голубятников, Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий // Физический журнал: серия конференций. – 2019. 012005.

References

1. Optimizing pressure-swing adsorption processes and installations for gas mixture purification and separation / E. I. Akulinin, O. O. Golubyatnikov, D. S. Dvoretsky, S. I. Dvoretsky // Chemical Engineering Transactions. – 2019. – V. 74. – P. 883 – 888.

2. Numerical study of cyclic adsorption processes of air oxygen enrichment in dynamics / E. I. Akulinin, O. O. Golubyatnikov, D. S. Dvoretsky, S. I. Dvoretsky // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. 012005.

УДК 661.935, 519.633.2

О. О. Голубятников, Е. И. Акулинин,
Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», Тамбов, Россия, e-mail: golubyatnikov_ol@mail.ru)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПОГЛОЩЕНИЯ МОНООКСИДА И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ СИНТЕЗ-ГАЗА И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ВОДОРОДА

Аннотация. На основе теории объемного заполнения микропор академика М. М. Дубинина разработана математическая модель динамики циклических адсорбционных процессов при разделении синтез-газа с учетом влияния процессов массо- и теплопереноса в газовой и твердой фазах на кинетику диффузионного переноса адсорбтива (диоксида углерода, монооксида углерода, водорода) в слое адсорбента и с учетом всех устройств, входящих в технологическую схему процесса (адсорбер, компрессор, вакуум-насос, клапаны, дроссель, ресивер).

Ключевые слова: короткоцикловая безнагревная адсорбция, синтез-газ, водород, диоксид углерода, математическое моделирование.

O. O. Golubyatnikov, E. I. Akulinin, D. S. Dvoretsky, S. I. Dvoretsky
(Tambov State Technical University, Department of Technologies and equipment of food and chemical production, Tambov, Russia)

MATHEMATICAL MODELING PRESSURE SWING ADSORPTION PROCESS OXIDE AND DIOXIDE CARBON FROM SYNTHESIS GAS AND HYDROGEN PRODUCTION

Abstract. On the basis of the Dubinin theory of micropore volume filling, a mathematical model of dynamics of pressure swing adsorption processes for synthesis gas separation has been developed. The model takes into consideration the influence of the processes of mass and heat transfer in gas and solid phases on the kinetics of diffusion transfer of adsorbate (carbon dioxide, carbon monoxide, hydrogen) in the adsorbent layer and accounts for all devices included in the process diagram (adsorber, compressor, vacuum pump, valves, throttle, receiver).

Keywords: pressure swing adsorption, synthesis gas, hydrogen, dioxide carbon, mathematical modeling.

Процессы короткоцикловой безнагревной адсорбции (КБА) широко применяют в промышленности для очистки и разделения газовых смесей, концентрирования различных газов (водорода, кислорода, азо-

та, диоксида углерода и др.). Одной из актуальных задач является извлечение водорода из водородсодержащих технологических потоков (газы конверсии и окисления углеводородов, нефтезаводские газы, синтез-газ и др.) и его концентрирование до 99,99 об.% [1]. Технологический процесс разделения синтез-газа и концентрирования водорода до 99,99 об.% методом КБА осуществляется в четырехадсорберной установке с гранулированным адсорбентом NaX [1].

При осуществлении процессов адсорбции-десорбции H_2, CO_2 и CO цеолитовым адсорбентом NaX в установке КБА протекают следующие массо- и теплообменные процессы: а) диффузия H_2, CO_2 и CO в потоке газовой смеси; б) массообмен H_2, CO_2, CO и теплообмен между газовой фазой и адсорбентом; в) адсорбция H_2, CO_2, CO на поверхности и в микропорах гранул цеолитового адсорбента с выделением тепла; г) десорбция H_2, CO_2, CO из микропор и с поверхности гранул с поглощением тепла.

При математическом описании процесса КБА разделения синтез-газа и концентрирования водорода принимали следующие допущения:

1) исходная газовая смесь (синтез-газ) является трехкомпонентной (содержит: 1 – H_2 с концентрацией 48…68 об.%, 2 – CO_2 с концентрацией 27…47 об.%, 3 – CO с концентрацией 5 об.%) и рассматривается как идеальный газ, что вполне допустимо при давлении в адсорбере до $200 \cdot 10^5$ Па;

2) диффузия H_2, CO_2, CO и распространение тепла в газовом потоке и гранулированном адсорбенте осуществляется в продольном направлении относительно движения потока газовой смеси в адсорбере (по высоте слоя адсорбента);

3) процесс адсорбции-десорбции H_2, CO_2, CO адсорбентом осуществляется во внешнедиффузионной области и определяется коэффициентом внешней массоотдачи, скоростью газовой смеси в слое адсорбента, а также равновесными соотношениями концентраций H_2, CO_2 и CO в фазах;

4) в качестве адсорбента используется гранулированный цеолит NaX с диаметром гранул 1,5 мм;

5) адсорбционное равновесие описывается уравнением Дубинина–Радушкевича;

6) десорбционные ветви изотерм адсорбции H_2, CO_2, CO на цеолите NaX совпадают с адсорбционными;

7) температура газа в ресивере равна температуре газа на выходе из адсорбера, тепловые потери в окружающую среду пренебрежимо малы.

Математическое описание процесса разделения воздуха и концентрирования кислорода включает следующие уравнения [2]:

1) покомпонентного материального баланса компонентов CO, CO_2 в потоке газовой фазы с учетом продольного перемешивания в слое адсорбента (нелинейное дифференциальное уравнение в частных производных параболического типа);

2) кинетики адсорбции-десорбции на основе уравнения Глюкауфа (нелинейное дифференциальное уравнение в обыкновенных роизводных), в котором величина сорбции, равновесная текущей концентрации адсорбтива, определяется согласно уравнению изотермы сорбции Дубинина–Радушкевича;

3) распространения тепла в газовой и твердой фазах с учетом конвективной составляющей и теплопроводности (нелинейные дифференциальные уравнения в частных производных параболического типа);

4) изменения скорости потока газовой смеси (нелинейное дифференциальное уравнение в частных производных);

5) изменения давления газовой смеси по высоте слоя адсорбента (дифференциальное уравнение Эргуна в обыкновенных производных);

6) изменения расхода на впускных и выпускных клапанах установки и на дросселе (алгебраическое уравнение);

7) изменения давления в адсорбере и ресивере установки (дифференциальные уравнения в обыкновенных производных).

Для решения системы дифференциальных уравнений в частных производных с соответствующими начальными и граничными условиями использовали метод прямых в программной среде Matlab.

Анализ точности математической модели проводили с использованием фактической среднеквадратической ошибки между рассчитанными по модели и экспериментальными значениями чистоты водорода на выходе из адсорбера. Фактическая среднеквадратическая ошибка составила 0,15 об.%, что позволяет использовать математическую модель для исследования, оптимизации и повышения эффективности функционирования процессов и установок КБА разделения синтез-газа и концентрирования водорода.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России в рамках гранта Президента РФ МК-1604.2020.8.

Список использованных источников

1. Численный анализ циклического процесса адсорбционного разделения синтез-газа / Е. И. Акулинин, О. О. Голубятников, Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – Т. 82, № 1(83). – 2020. – С. 230 – 236.

2. Численное исследование циклических адсорбционных процессов обогащения воздуха кислородом в динамике / Е. И. Акулинин, О. О. Голубятников, Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий // Физический журнал: серия конференций. – 2019. 012005.

References

1. Numerical study of the dynamics of synthesis gas adsorption separation / E. I. Akulinin, O. O. Golubyatnikov, D. S. Dvoretsky, S. I. Dvoretsky // Bulletin of the Voronezh state University of engineering technologies. – 2020. – V. 82, № 1(83). – P. 230 – 236.

2. Numerical study of cyclic adsorption processes of air oxygen enrichment in dynamics / E. I. Akulinin, O. O. Golubyatnikov, D. S. Dvoretsky, S. I. Dvoretsky // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. 012005.

УДК 631

А. С. Гордеев[1], А. А. Соломатин[2]

[1] (ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Мичуринск, Россия);

[2] (Никифоровский сахарный завод, Дмитриевка, Тамбовская обл., Россия)

ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПОСТАВОК САХАРНОЙ СВЕКЛЫ НА ЗАВОД

A. S. Gordeev[1], A. A. Solomatin[2]

[1] (Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia);

[2] (Nikiforovsky Sugar Factory, Dmitrievka, Tambov region., Russia)

DISCRETE-EVENT SIMULATION MODEL OF THE SUGAR BEET SUPPLY PROCESS TO THE PLANT

Введение

Актуальность работы

Сахарная свекла – сырье для получения сахара. Корнеплоды сахарной свеклы содержат от 16 до 20% сахарозы. В нашей стране широко используются в производстве интенсивные технологии возделывания сахарной свеклы – комплекс взаимосвязанных механизированных технологических приемов и организационных мероприятий, обеспечивающих урожайность до 400 ц/га и выше. Процесс управления производством сахарной свеклы и ее переработки сложен, динамичен, подвержен многим неконтролируемым воздействиям. В связи с широким внедрением в практику сельского хозяйства и переработки информационных технологий, систем автоматизированного управления процессами возникают задачи их разработки, использования и адаптации применительно к поставкам сахарной свеклы на переработку, повышения их эффективности [1, 2].

Использование в сельском хозяйстве и перерабатывающих отраслях новых технологий, технических средств и новых методов управления производством связано с большими временными и материальными затратами, финансовыми рисками. Поэтому каждая новация – риск, на который не каждый руководитель может пойти, что сдерживает внедрение новых технологий, техники и новых методов управления. Одним из направлений использования информационных технологий в сельском хозяйстве и переработке является компьютерное моделирование процессов производства, в частности, имитационное моделирование, в максимальной степени приближающее модель к реальностям производства.

Методика проведения исследования

В работе использованы теоретические и эмпирические методы создания модели на базе известных теоретических положений и научных принципов по прикладным аспектам автоматизации управления производством, теории математической статистики, математического моделирования, алгоритмизации и программирования на базе современной компьютерной техники, математического и программного обеспечения [4]. Обработка результатов расчетов и экспериментов выполнялась на компьютерах с использованием программ Excel и AnyLogic [3, 6].

Дискретно-событийная имитационная модель поставок сахарной свеклы на завод предназначена для выполнения задач управления при уборке и доставке сахарной свеклы на переработку:

1. Прогнозирования на заданное время:

– урожая сахарной свеклы на поле, т;

– оставшейся для уборки площади и массы сахарной свеклы, га, т;
– сахаристости партии свеклы в поле, %.

2. Учета массы вывезенной с поля свеклы, т.

3. Расчета необходимой дневной производительности комбайнов, людей, автомобилей на уборке и их количества по дням уборки, т.

4. Составления графика уборки на заданное количество дней.

5. Оперативного учета массы зачтенной свеклы и сахара, принятой заводом массы свеклы и сахара всех полей и поставщиков, т.

6. Исследования влияния на выходные характеристики поставок входных факторов, выявления среди них существенных и несущественных (прямая задача).

7. Нахождения оптимальных значений входных факторов при заданных условиях функционирования (обратная задача).

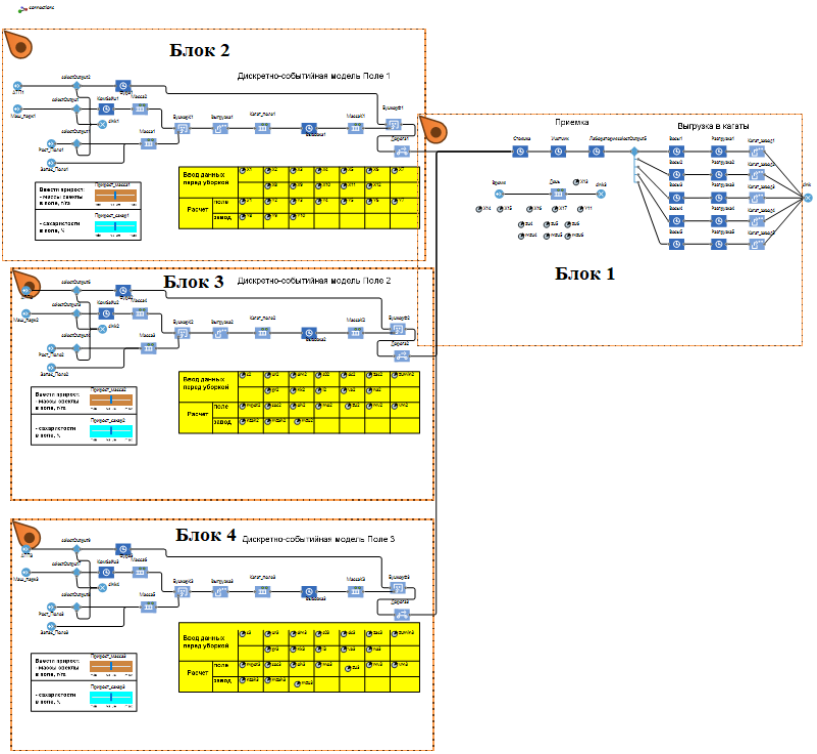


Рис. 1. Дискретно-событийная модель поставок сахарной свеклы

Дискретно-событийная имитационная модель поставок сахарной свеклы разработана на базе пакета многоподходного моделирования AnyLogic 8.2 b [5, 6] состоит из 4 основных блоков (рис. 1):

1. Блок 1 – Приемка сахарной свеклы;
2. Блок 2 – Уборка и транспортировка Поле 1;
3. Блок 3 – Уборка и транспортировка Поле 2;
4. Блок 4 – Уборка и транспортировка Поле 3.

В Блоке 1 моделируются процессы приемки сахарной свеклы и ее разгрузки в кагаты на заводе. На вход этого блока подается информация с Поля 1 (Блок 2), Поля 2 (Блок 3) и Поля 3 (Блок 4). В действительности параллельно подключенных блоков может быть сколь угодно много – по числу реальных Полей. В Блоке 1 обрабатывается интегрированная информация с Блоков 2 – 4.

Структура Блока 2 – Модель Поля

Рассмотрим структуру Блока 2 на примере – Модель Поля 1. Остальные блоки для Полей – аналогичны (рис. 2). Рассмотрение элементов блока будем осуществлять последовательно слева направо (в действительности последовательность работы элементов может быть любой).

Элемент: Source: Запас_Поле1

Создает агентов. Обычно используется в качестве начальной точки потока агентов. Элемент генерирует выросшую до начала времени уборки массу свеклы Y4 порциями по 1 т. Величина массы генерируется один раз – до начала уборки.

Элемент: Source: Запас_Рост1

Элемент генерирует растущую в процессе уборки массу свеклы Y_4 порциями по 1 т. Величина генерируется один раз в день в процессе всей уборки. Задается интенсивность генерации. Интенсивность генерации массы может задаваться ползунком Прирост_масса1 (рис. 2).

Элемент: Source: Маш_парк1

Имитирует машинный парк Поля (Маш_парк). Каждое Поле имеет свой Маш_парк. Перед уборкой задается количество комбайнов.

Элемент: Source: АТП1

Имитирует автотранспортное предприятие (АТП). Каждое Поле имеет свое АТП. Перед уборкой задается количество автомобилей и определяется интенсив-ность подачи транспорта на вывозку.

Элемент: Queue: Масса1 – Масса неубранной в поле свеклы.

Элемент: Бегунок- Прирост_сахар1

Задает после ввода вручную прирост сахара за сутки по результатам лабораторного анализа.

Элемент: Conveyor: Дорога1

Имитирует дорогу до завода. Расчет зачетной массы и сахара. Задается скорость движения и длина пути.

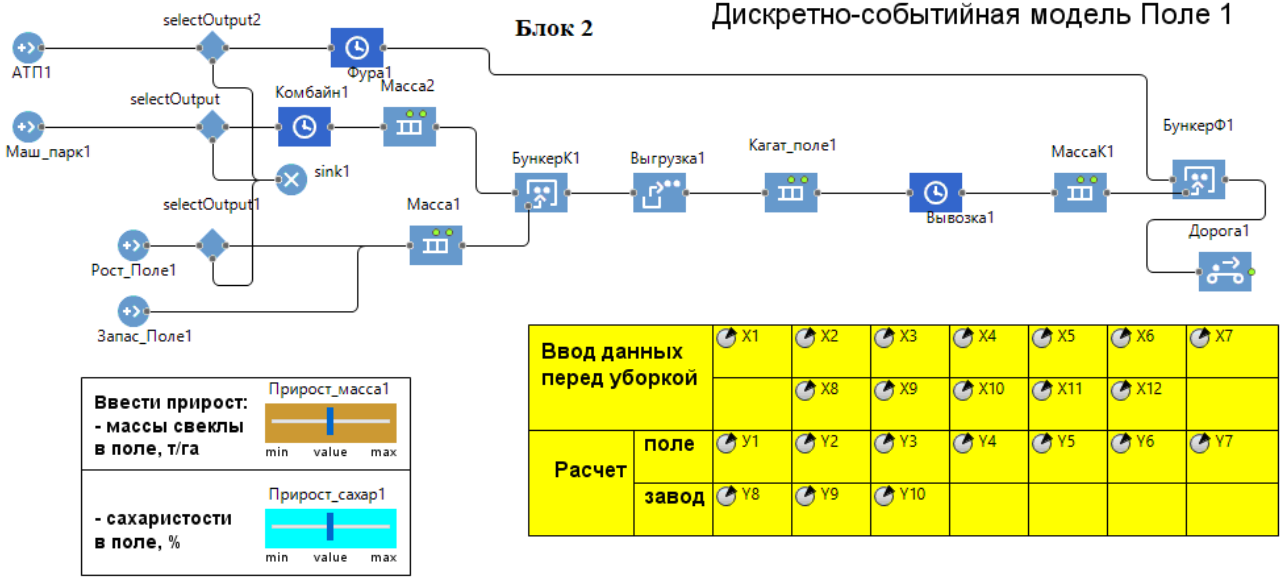


Рис. 2. Структура Блока 2 – модель Поля1

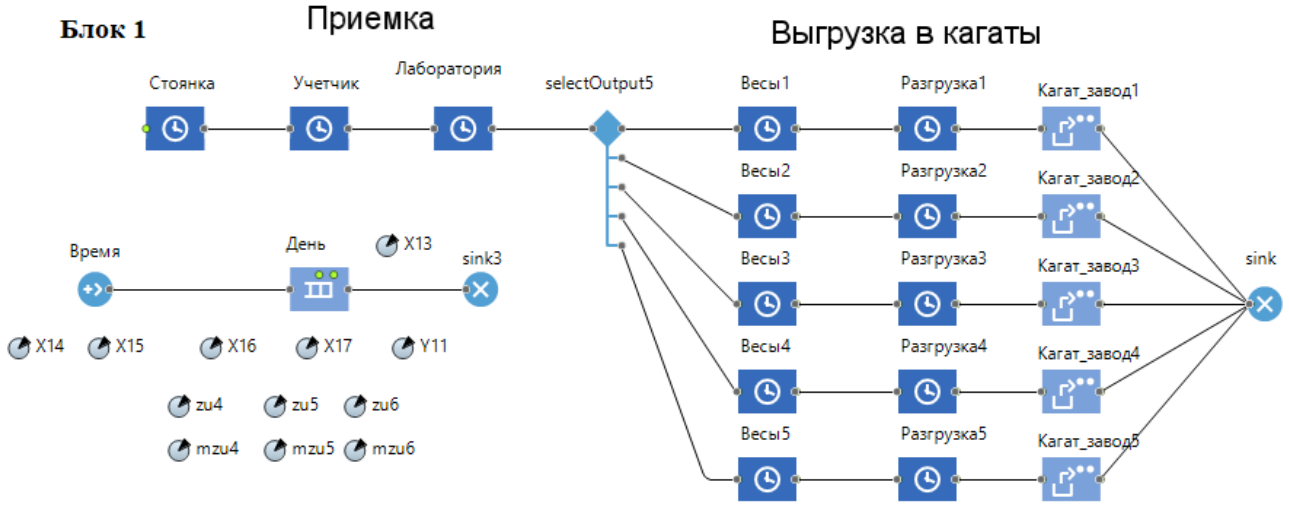


Рис. 3. Структура Блока 1 – модель Приемка

Структура Блока 1 – Модель Приемки

Данная структура моделирует процесс приемки и разгрузки в заводские кагаты. Входом для нее являются потоки из Блоков Полей. Элементы структуры и их связи приведены на рис. 3, где обозначен только один входной Блок 1.

Элемент: Delay: Стоянка

Имитирует процесс стоянки перед приемкой у завода.

Элемент: Delay: Учетчик

Имитирует процесс оформления документов и визуального осмотра.

Элемент: Delay: Лаборатория

Имитирует процесс лабораторного анализа.

Элемент: SelectOutput5: selectOutput5

Распределяет автомобили по кагатам по критерию сахаристости.

Элемент: Delay: Весы1

Взвешивание автомобиля. Сначала полного – брутто, затем пустого – нетто.

Элемент: Delay: Разгрузка1

Процесс выгрузки свеклы в заводской кагат.

Элемент: Unbatch: Кагат_завод1

После запуска модели на экран выводится окно с целями моделирования (рис. 4). После нажатия кнопки «Запустить» программа начинает работать. В зависимости от вводимых запрашиваемых данных рассчитываются целевые функции моделирования. Результаты расчетов выводятся на экран, как это показано ниже, а также может быть распечатано на бумажном носителе [6].

В процессе выполнения эксперимента на диаграмме возле каждого элемента высвечиваются их входные и выходные данные. На рисунке 5 приведен пример для Поля 1 с шаблонами (таблицами) для ввода входных данных. Здесь же около каждого элемента модели высвечиваются результаты моделирования, более подробно показанные для полей на рис. 6, а для завода – на рис. 7. Для наблюдения и анализа результатов моделирования уборки и приемки свеклы используются временные графики и гистограммы. Пример временных графиков для Поля 1 и Поля 2, получаемых в процессе моделирования, приведен на рис. 8, а для завода – на рис. 9. На рисунке 8 приведен временной график для оставшейся площади (неубранной), сахаристости, вывезенной массы сахарной свеклы и сахара в свекле. Можно одновременно наблюдать и сохранять временные графики нескольких входных и выходных переменных, в зависимости от плана, проводимого на модели эксперимента. На рисунке 9 приведен пример результатов моделирования заложенной массы сахарной свеклы и сахара в ней по каждому заводскому кагату, а также их сумма по всем кагатам. Для удобства сравнения приведены гистограммы по массе и по сахару.

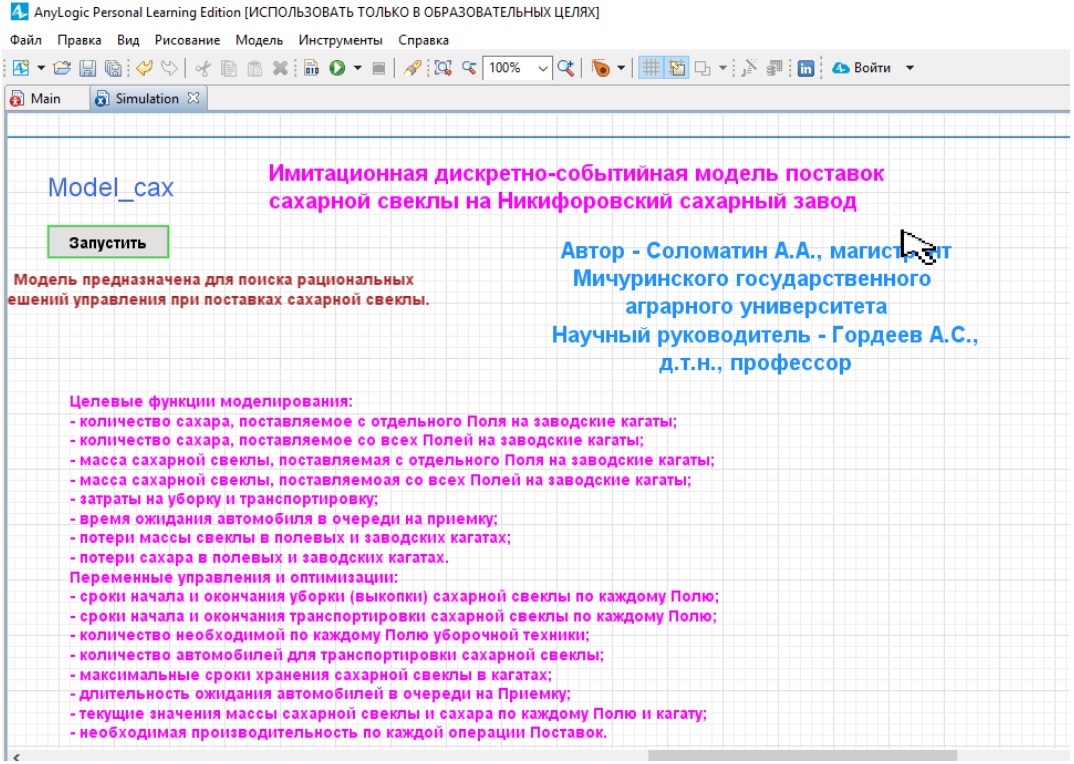


Рис. 4. Окно запуска модели

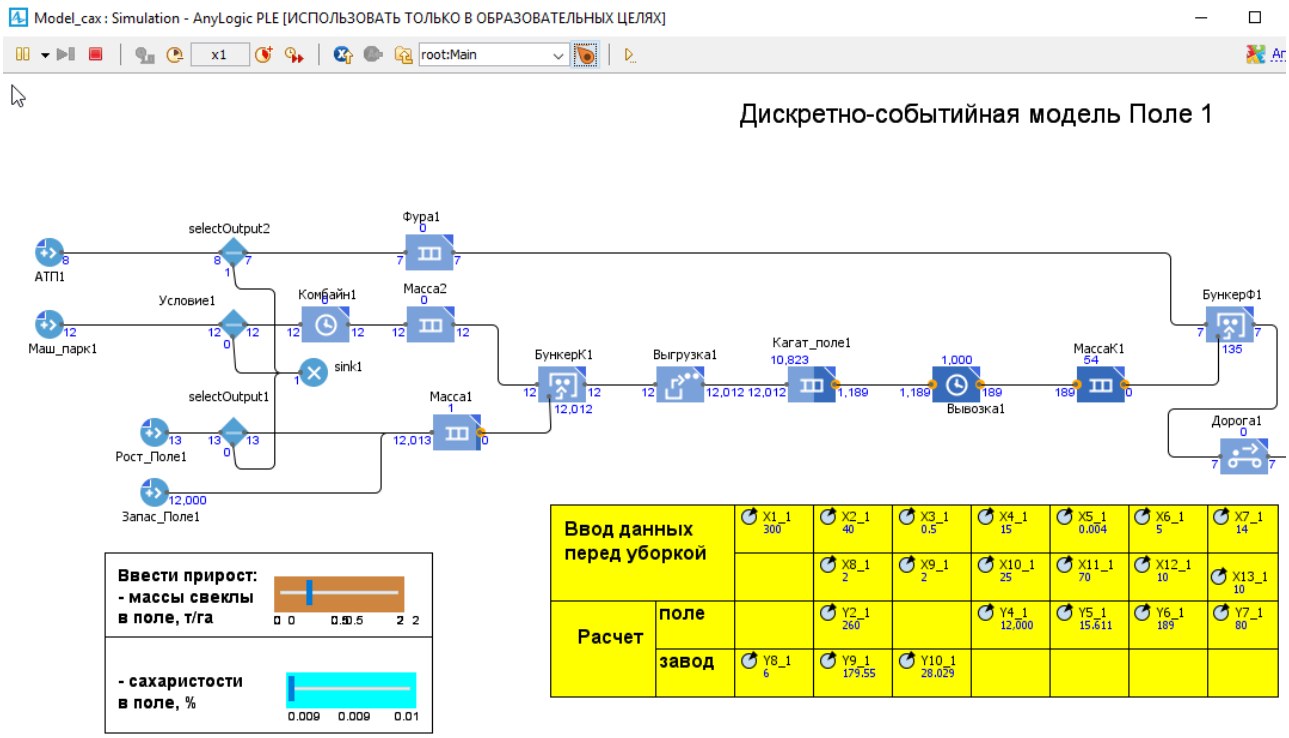


Рис. 5. Ввод и высвечивание данных при моделировании

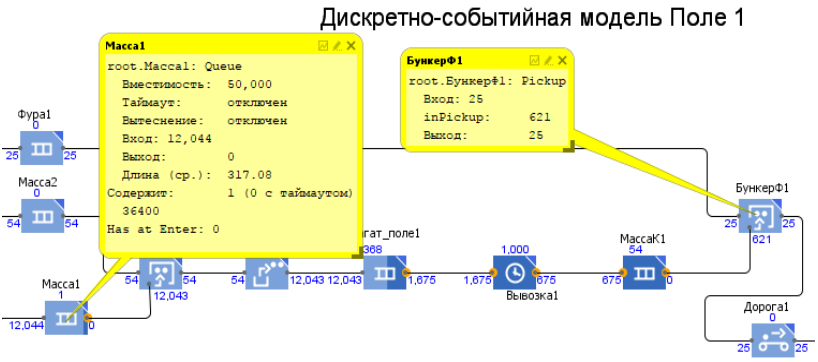


Рис. 6. Наблюдение результатов моделирования по элементам модели для полей

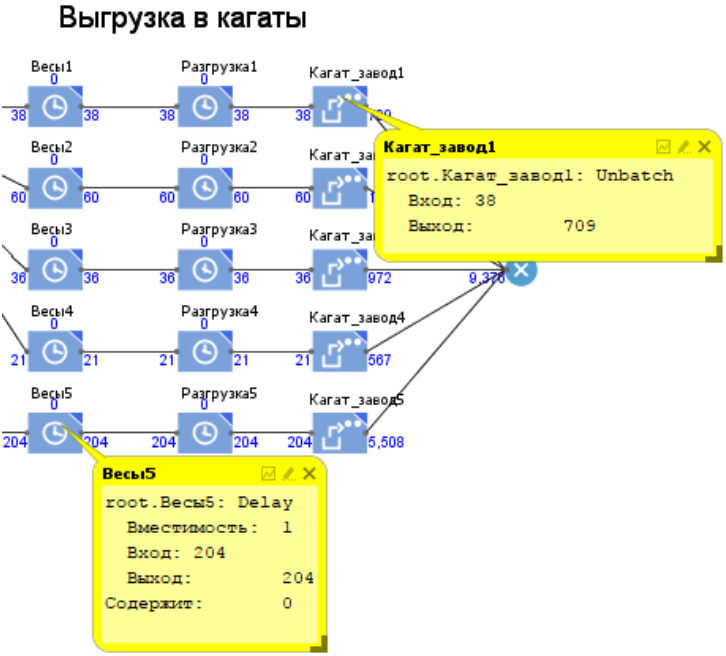


Рис. 7. Наблюдение результатов моделирования по элементам модели для завода

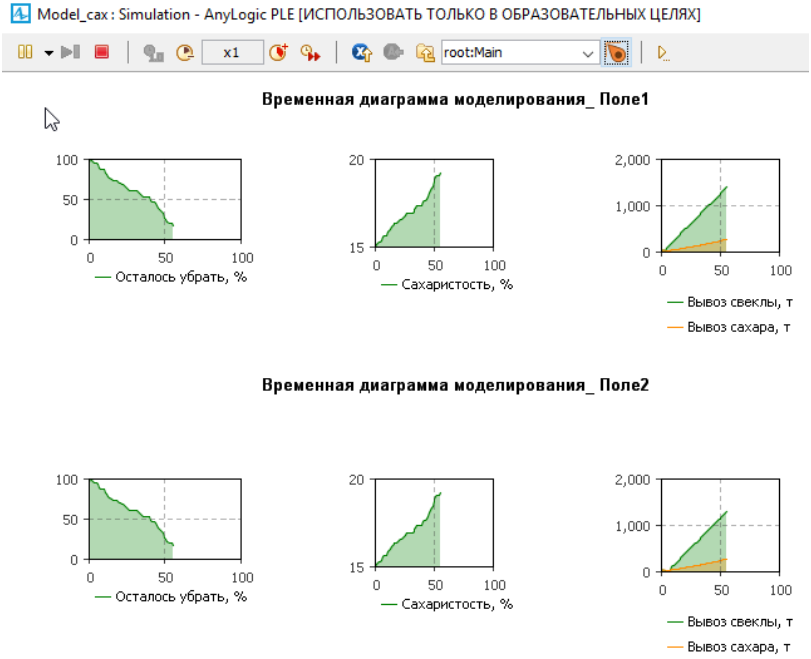


Рис. 8. Временные диаграммы результатов моделирования полей

Модель доведена до уровня концептуальной готовности, т.е. ее необходимо адаптировать к реальным поставщикам сахарной свеклы (Полям), дорогам, срокам начала уборки, графикам поставок и возможностям приемки на заводе.

В общем случае целевыми функциями моделирования, в частности, могут быть [1, 2]:

– количество сахара, поставляемое с отдельного Поля на заводские кагаты;

– количество сахара, поставляемое со всех Полей на заводские кагаты;

– масса сахарной свеклы, поставляемая с отдельного Поля на заводские кагаты;

– масса сахарной свеклы, поставляемая со всех Полей на заводские кагаты;

– затраты на уборку и транспортировку;

– время ожидания автомобиля в очереди на приемку;

– потери массы свеклы в полевых и заводских кагатах;

– потери сахара в полевых и заводских кагатах.

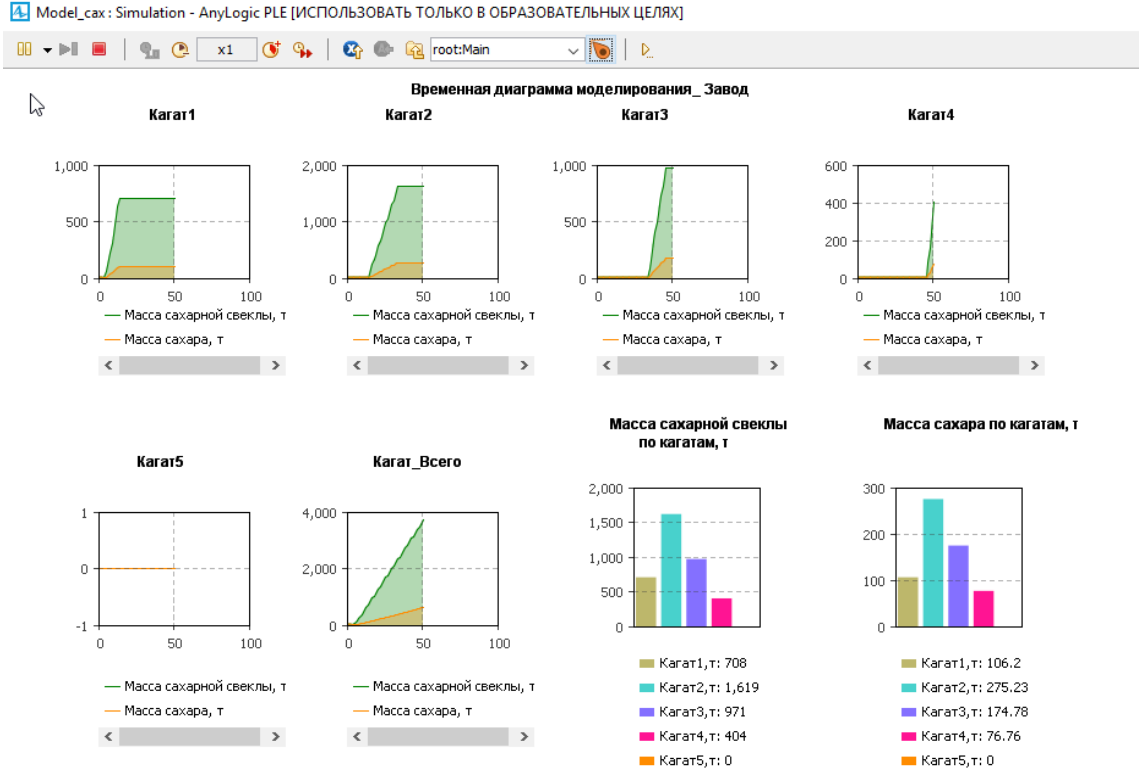


Рис. 9. Временные диаграммы результатов моделирования приемки свеклы на Заводе

Результатом моделирования могут, в частности, быть оптимальные или близкие к ним [1, 2, 4]:

– сроки начала и окончания уборки (выкопки) сахарной свеклы по каждому Полю;

– сроки начала и окончания транспортировки сахарной свеклы по каждому Полю;

– количество необходимой по каждому Полю уборочной техники;

– количество автомобилей для транспортировки сахарной свеклы;

– максимальные сроки хранения сахарной свеклы в кагатах;

– длительность ожидания автомобилей в очереди на Приемку;

– текущие значения массы сахарной свеклы и сахара по каждому Полю и кагату;

– необходимая производительность по каждой операции Поставок.

Заключение. Разработана концептуальная дискретно-событийная имитационная модель процесса поставок сахарной свеклы на завод, в основу которой положена структура и технологический процесс уборки и транспортировки сахарной свеклы. В качестве критерия оптимизации всего процесса выбран уровень сахаристости сахарной свеклы в поле.

На основе методов, заложенных в систему моделирования имитационных моделей AnyLogic, разработана дискретно-событийная модель «Модель.сах» поставок сахарной свеклы, описаны ее элементы и диаграммы в графическом редакторе, их назначение и связи.

Показаны возможности модели для наблюдения разных сторон процесса поставок. Определены целевые функции моделирования, такие как количество сахара и масса сахарной свеклы, поставляемое с отдельного Поля на заводские кагаты, затраты на уборку и транспортировку, время ожидания автомобиля в очереди на приемку и другие.

Для адаптации разработанной модели следует увеличить количество блоков Полей до количества, соответствующего количеству договоров с Поставщиками, создать базу данных по Поставщикам (Полям) в соответствии с переменными и параметрами данной модели, ввести анимацию дорожной картой поставок.

Список использованных источников

1. Сапронов, А. Р. Технология сахарного производства / А. Р. Сапронов. – М. : Агропромиздат, 1986. – С. 38.

2. Изучение темпов роста перспективных гибридов сахарной свеклы / В. И. Суслов, В. А. Логвинов, В. Н. Мищенко, А. В. Логвинов, А. В. Суслов, В. В. Колганов // Сахарная свекла. – 2013. – № 4. – С. 41–43.

3. Вычисления, графики и анализ данных в EXCEL.2010. Самоучитель / М. П. Айзек, В. В. Серогодский, М. В. Финков, Р. Г. Прокди. – СПб. : Наука и техника, 2013. – 352 с.: ил.

4. Франс, Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж. Х. М. Торнли ; пер. с англ. А. С. Каменского ; под ред. Ф. И. Ерешко : предисл. Ф. И. Ерешко и А. С. Каменского. – М. : Агропромиздат, 1987. – 400 с.

5. Гордеев, А. С. Моделирование в агроинженерии : учебник / А. С. гордеев. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Изд-во «Лань», 2014. – 384 с.: ил. (учебники для вузов. Специальная литература).

6. Борщев, А. В. От системной динамики и традиционного имитационного моделирования – к практическим агентным моделям: причины, технологии, инструменты / А. В. Борщев. – URL : http://www.xjtek.com

References

1. Sapronov, A. R. technology of sugar production / A. R. Sapronov. – M. : Agropromizdat, 1986. – P. 38.

2. Study of growth rates of promising sugar beet hybrids / V. I. Suslov, V. A. Logvinov, V. N. Mishchenko, A.V. Logvinov, A.V. Suslov, V. V. Kolganov // Sugar beet. – 2013. – № 4. – P. 41 – 43.

3. Calculations, graphs, and data analysis in EXCEL.2010. Self-teacher / M. P. Isaac, V. V. Serovajsky, M. V. Tinkov, R. G. Prodi. – SPb. : Science and technology, 2013. – 352 p.: Il.

4. Frans, J. Mathematical models in agriculture / J. Frans, J. H. M. Thornley ; translated from English by A. S. Kamensky ; edited by F. I. Ereshko : preface by F. I. Ereshko and A. S. Kamensky. – M. : Agropromizdat, 1987. – 400 p.

5. Gordeev, A. S. Modeling in agricultural engineering : textbook / A. S. Gordeev. – 2nd ed., ISPR. – St. Petersburg : Publishing house “LAN”, 2014. – 384 p.: Il. (textbooks for universities. Special literature).

6. Borshchev, A.V. From system dynamics and traditional simulation modeling to practical agent models: principles, technologies, tools / A.V. Borshchev. – URL : http://www.xjtek.com

УДК: 621.3.087.44

А. С. Гордеев[1], В. Е. Дидрих[2], Б. С. Мишин[1]
[1] (ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Мичуринск, Россия);
[2] (АО ТЗ «Ревтруд», Тамбов, Россия)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ ТОКОНЕСУЩЕГО ПРОВОДНИКА

Аннотация. Рассмотрены вопросы моделирования процесса определения координат сельскохозяйственной машины относительно токонесущего проводника. Приводится модель процесса определения координат, созданная в пакете Matlab, и результаты моделирования.

Ключевые слова: позиционирование, сельское хозяйство, растения, моделирование.

A. S. Gordeev[1], V. E. Diedrich[2], B. S. Mishin[1]
[1] (Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia);
[2] (JSC TK “Revtrud”, Tambov, Russia)

SIMULATION OF DETERMINING THE COORDINATES OF A MOVING OBJECT IN THE MAGNETIC FIELD OF A CURRENT-CARRYING CONDUCTOR

Abstract. The article deals with modeling the process of determining the coordinates of an agricultural machine relative to a current-carrying conductor. The model of the coordinate determination process created in the Matlab package and the simulation results are presented.

Keyword: Positioning, agriculture, plants, modeling.

Объекты в сельском хозяйстве находятся в условиях существенной переменности параметров и воздействий со стороны окружающей среды, поэтому использование жестко заданных алгоритмов выполнения той или иной технологической операции было бы не совсем правильным решением. При использовании же систем автоматизированного и автоматического управления вопрос о жестких алгоритмах выполнения задач вовсе отпадает, так как в каждый момент времени окружающая обстановка может измениться и на это изменение система управления должна адекватно реагировать. Таким образом, при проектировании подобных автоматических систем управления нужно стремиться использовать внешние источники информации, по которым возможно судить об условиях окружающей среды. Также необхо-

димо предусмотреть, чтобы внешние источники информации как можно меньше подвергались «негативному» воздействию со стороны факторов, которые либо не участвуют в технологической операции, либо мешают ее выполнению.

Наиболее подходящий метод определения местоположения объекта в технологической операции отделения отводков яблони – это электромагнитное позиционирование. Оно дает возможность бесконтактно определять расстояние и наиболее точно оценивать местоположение объекта, а также независимо от наибольшего числа факторов окружающей среды. Электромагнитный метод учета информации о положении растения подразумевает использование токонесущего проводника, совмещенного с растением, местоположение которого нужно найти [3].

Существует подвижная система, например, минимум трех приемных магнитных антенн [1, 2], расположенных в одной плоскости и пространственно разделенных между собой. Сущность позиционирования рабочего органа относительно токонесущего проводника заключается в том, что сигналы с приемных антенн, пропорциональные расположению токонесущего проводника в пространстве, через определенный промежуток времени поступают на устройство сравнения. Устройство сравнения сигналов производит анализ рассогласования поступившего сигнала (текущей координаты) со значением конечной точки позиционирования (координат объекта позиционирования). В случае, если рассогласование координат значительное, то на исполнительный орган подается управляющий сигнал, направленный на ликвидацию рассогласования. Рабочий орган перемещается в сторону конечной координаты. Если рассогласование сигналов не регистрируется устройством сравнения, т.е. разность величин находится на уровне разрешающей способности, то управляющий сигнал не формируется и рабочий орган остается на тех же координатах.

На рисунке 1 представлена структурная схема системы позиционирования рабочего органа. Рассмотрим функционирование системы позиционирования рабочего органа в некоторый момент времени t_i. Рабочий орган в момент времени t_i располагается над токонесущим проводником случайным образом. Устройство сравнения дает сигнал опроса приемных антенн $p_a(t_i) = 1$ и информация о расположении токонесущего проводника и соответственно рабочего органа фиксируются приемными антеннами в блоке первичной информации. Информация о расположении токонесущего проводника зашифрована в сигналах приемных антенн $u_1(t_i)$, $u_2(t_i)$ … $u_n(t_i)$, где $n = 1…6$ количество приемных антенн. После получения сигналов опрос приемных антенн прекращается $p_a(t_i) = 0$. Далее происходит передача этих сигналов в блок

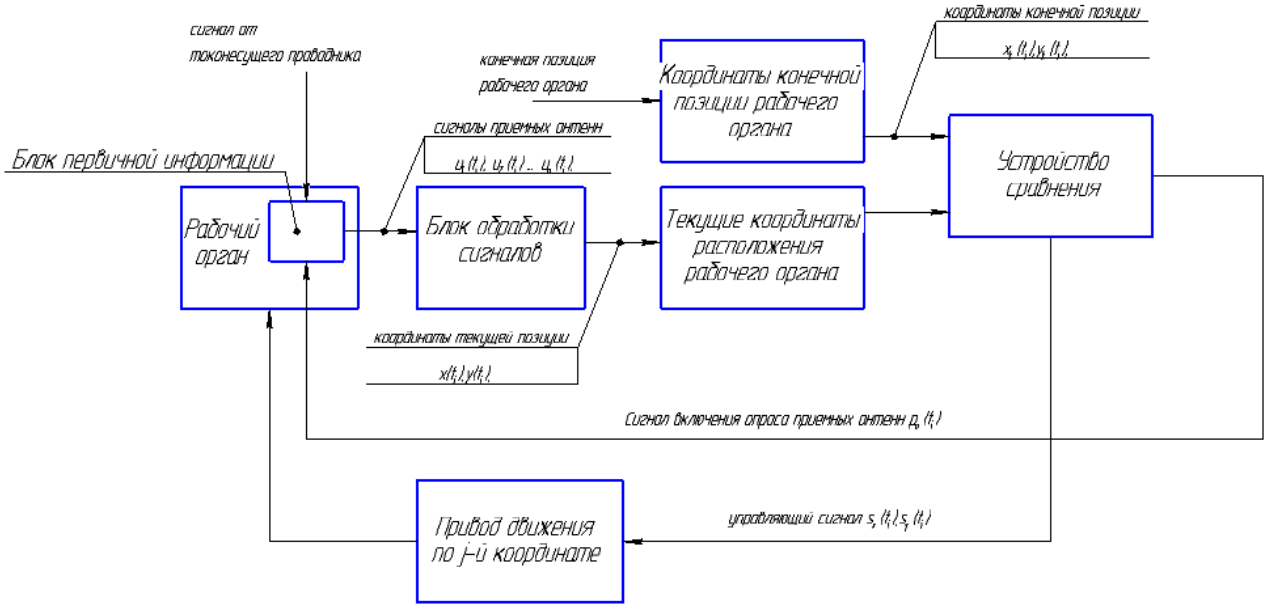


Рис. 1. Структурная схема системы позиционирования рабочего органа:
$u_1(t_i)$, $u_2(t_i)$ … $u_n(t_i)$, $n = 1…6$ – сигналы приемных магнитных антенн;
$x(t_i)$, $y(t_i)$ – текущие координаты расположения рабочего органа; $x_k(t_i)$, $y_k(t_i)$ – конечные координаты позиции рабочего органа;
$p_a(t_i)$ – сигнал включения опроса приемных антенн в блоке первичной информации;
$s_x(t_i)$, $s_y(t_i)$ – управляющие сигналы для приводов движения по координатам соответственно X и Y

обработки сигналов. Там по алгоритму определения местоположения токонесущего проводника определяются координаты расположения рабочего органа относительно него $x(t_i)$, $y(t_i)$. Эти координаты поступают на устройство сравнения.

Также на устройство сравнения подаются координаты конечной позиции рабочего органа относительно токонесущего проводника $x_k(t_i)$, $y_k(t_i)$. Они не меняются в процессе выполнения работы. Их изменение возможно на стадии подготовки для учета индивидуальных параметров объекта позиционирования. В устройстве сравнения происходит определение рассогласования между одноименными координатами.

Задача определения координат токонесущего проводника в системе координат приемных устройств нетривиальна. Одним из методов решения данной задачи является метод «грубой силы», в котором определяются некоторые рамки, в которых может меняться исследуемая величина и связанные с ней параметры. В этих рамках рассматривается всевозможное изменение величины. В лабораторных условиях проводится измерение исследуемой величины и связанных с ней параметров в различных условиях, не превышающих заданные рамки. В результате измерения формируется база данных, которая используется при создании системы позиционирования. В связи со сложностью задачи позиционирования предлагается использовать метод искусственных нейронных сетей.

На рисунке 2 представлена модель системы позиционирования. Для обучения нейронной сети использовалась база данных, полученная в лабораторных условиях. База данных содержит информацию о формах токонесущего провода, координатах блока приемных антенн и сигналах приемных антенн. В среде Matlab предварительно была обучена нейронная сеть на базе данных и получены прогнозируемые

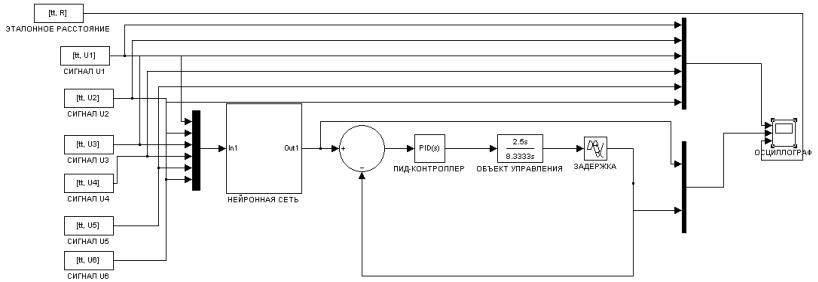


Рис. 2. Модель системы позиционирования

координаты. Модель состоит из следующих блоков. Блоки входных сигналов от приемных антенн U1 – U6; блока обученной нейронной сети; сумматора, ПИД-регулятора; объекта регулирования, представленного передаточной функцией, блока задержки, осциллографа.

Алгоритм работы системы позиционирования следующий: после обучения нейронной сети в момент времени t0 после начала движения транспортного средства, сигналы от приемных антенн U1 – U6 поступают на входы нейронной сети. Нейронная сеть рассчитывает прогнозное значение расстояния от приемных антенн до токонесущего проводника и отправляет это значение на ПИД-регулятор. ПИД-регулятор формирует управляющее воздействие на объект управления. Через временную задержку, обусловленную инерционностью системы, изменение состояния объекта управления влияет на расположение приемных антенн и их сигналы меняются. Это изменение сигналов приемных антенн при изменении расположения токонесущего проводника является обратной связью системы. В следующий момент времени алгоритм повторяется.

Заключение. Исследовав систему позиционирования рабочего органа, получены следующие характеристики, средняя ошибка определения расстояния от токонесущего проводника до блока приемных антенн составляет 1,15 см для прямолинейного проводника, 2,7 см для токонесущего проводника сложной формы.

Список использованных источников

1. Мишин, Б. С. Математическая модель определения местоположения корневой системы плодовых растений / Б. С. Мишин // Вестник Мичуринского ГАУ. – 2017. – № 4. – С. 121 – 126.

2. Мишин, Б. С. Имитационная модель определения местоположения корневой системы плодовых растений / Б. С. Мишин // Вестник тамбовского государственного технического университета. – 2018. – Т. 24. – С. 58 – 65.

3. Мишин, Б. С. Имитационная модель позиционирования рабочего органа относительно корневой системы плодовых растений / А. С. Гордеев, Б. С. Мишин // Наука в центральной России. – 2019. – № 4(40). – С. 26 – 33.

References

1. Mishin, B. S. Mathematical model for determining the location of the root system of fruit plants / B. S. Mishin // Bulletin of Michurinsky state UNIVERSITY. – 2017. – № 4. – P. 121 – 126.

2. Mishin, B. S. Simulation model for determining the location of the root system of fruit plants / B. S. Mishin // Bulletin of Tambov state technical University. – 2018. – V. 24. – P. 58 – 65.

3. Mishin, B. S. Simulation model of working organ positioning relative to the root system of fruit plants / A. S. Gordeev, B. S. Mishin // Science in Central Russia. – 2019. – № 4(40). – P. 26 – 33.

УДК 628. 176: 636

Г. С. Гумаров[1], С. М. Ведищев[2], В. В. Коновалов[3]

[1] (Западно-Казахстанский государственный университет им. М. Утемисова, Уральск, Казахстан, e-mail: ggs65@yandex.ru);

[2] (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: serg666_65@mail.ru);

[3] (ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза, Россия, e-mail: konovalov-penza@rambler.ru)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИУСА ВОДОПОЯ ДЛЯ ОТАР ОВЕЦ, СОДЕРЖАЩИХСЯ НА ОТГОННЫХ АРИДНЫХ ПАСТБИЩАХ

Аннотация. Приведены результаты численного моделирования радиуса водопоя для отар овец, содержащихся в условиях отгонных пастбищ аридных экосистем.

Ключевые слова: аридные пастбища, поение овец, радиус водопоя, моделирование.

G. S. Gumarov[1], S. M. Vedishchev[2], V. V. Konovalov[3]

[1] (Makhambet Utemisov West Kazakhstan State University, Uralsk, Kazakhstan);

[2] (Tambov State Technical University, Tambov, Russia);

[3] (Penza State Technological University, Penza, Russia)

RESULTS OF NUMERICAL MODELING TO DETERMINE A RADIUS FOR A WATERING PLACE USED BY FLOCKS OF SHEEP IN DISTANT ARID GRAZING LANDS

Abstract. The article presents the results of numerical modeling of the watering radius for flocks of sheep contained in the conditions of pasture arid ecosystems.

Keywords: arid pastures, sheep watering, watering radius, modeling.

Радиус водопоя является главным параметром, определяющим мероприятия по организации водоснабжения пастбищных территорий. Как известно, под радиусом водопоя понимают оптимальное расстояние удаления животных от водопойного пункта без последующего снижения их продуктивности. От радиуса водопоя существенно зависит продуктивность сельскохозяйственных животных, размер выпасных участков, количество водопойных пунктов, степень сгущенности их сети на природных пастбищах и объем капитальных вложений в строительство водопойных пунктов. В связи с этим, исследования, направленные на изучение факторов, влияющих на радиус водопоя отары овец, содержащихся в пастбищных условиях аридной экосистемы путем численного моделирования являются актуальными и имеют важное хозяйственное значение.

В общем, функциональную зависимость радиуса водопоя от различных факторов можно представить в следующим виде:

$$R = \varphi(M_{ж}; У; k_{в}; \upsilon_{п}; \rho_{п}; f_{п}; L_{ф}; T_{п}; К; \alpha_{с}),$$

где $M_{ж}$ – поголовье овец в отаре, гол; У – средняя урожайность пастбища за дни стравливания, т/га; $k_{в}$ – кратность водопоя овец; $\upsilon_{п}$ – средняя скорость движения отары при пастьбе, м/с; $\rho_{п}$ – плотность отары при пастьбе, гол/га; $f_{п}$ – фронт пастьбы отары, м; $L_{ф}$ – фактическое расстояние, пройденное отарой за время пастьбы, м; $T_{п}$ – время пастьбы отары в сутки, с; К – среднесуточная потребность овец в пастбищном корме, кг/гол; $\alpha_{с}$ – коэффициент допустимого стравливания пастбищного участка.

Решение задач для достижения поставленной цели проводились на основании известных положений теории математического моделирования с помощью аналитического метода исчисления, суть которого заключается в последовательном расчете параметров по математическим формулам, содержащим зависимость изучаемого объекта от существенных характеристик пастбищных аридных экосистем. При этом за основу была принята методика определения экологически безопасной величины радиуса водопоя для сельскохозяйственных животных, предложенная проф. Г. С. Гумаровым [1, 2].

Расчеты радиуса водопоя для отары овец выполнялись применительно к условиям Западного Казахстана с использованием следующих исходных данных: $M_{ж}$ = 200; 400; 600; 800; 1000 гол; У = 0,05; 0,20; 0,35; 0,50; 0,65; 0,80 т/га; $\rho_{п}$ = 2000 гол/га; $k_{в}$ = 2; К = 3 кг/гол; $\alpha_{с}$ = 0,65; $T_{п}$ = 10 ч.

В качестве основного средства моделирования использован современный компьютер на базе процессора седьмого поколения и плат-

формы Windows 10, на которой были проведены серия вычислительных экспериментов с целью анализа, интерпретации и сопоставления результатов численного моделирования.

В результате обработки данных расчетов по программе «СУАРУ» были построены зависимости $R = f(У)$ (рис. 1) при К = 3 кг/гол, $\rho_п$ = = 2000 гол/га, $k_в$ = 2 и $T_п$ = 10 ч, а также зависимости радиус водопоя от средней скорости движения отары (рис. 2) при пастьбе с $M_ж$ = 1000 гол; $\rho_п$ = 2000 гол/га; К = 3 кг/гол; $T_п$ = 10 ч. При этом построение графиков зависимости осуществлялось с помощью графического редактора, встроенного в программу Microsoft Office Excel.

Анализ расчетных зависимостей $R = f(У)$ свидетельствует о том, что с увеличением поголовья отары овец от 200 до 1000 голов, т.е. в 5 раз, радиус водопоя возрастает в 2,23 раза. При этом эта тенденция наблюдается при любой урожайности пастбищного участка. С увеличением урожайности пастбищного участка от 0,2 до 0,35 т/га, т.е. на 175 %, радиус водопоя уменьшается на 1,75 раза. Таким образом, анализ зависимостей $R = f(У)$ свидетельствует о том, что радиус водопоя увеличивается с уменьшением урожайности пастбищного участка и с увеличением поголовья животных в отаре и это увеличение носит степенной характер. Анализ зависимостей $R = \varphi(\upsilon_п)$ показывает, что при двукратном поении с увеличением средней скорости движения отары при пастьбе от 0,013 до 0,209 м/с увеличивается радиус водопоя от 235 м до 1,88 км, и это увеличение носит линейный характер. Вместе с этим, увеличение кратности водопоя $k_в$ от 2 до 3 раз в сутки приводит к уменьшению радиуса водопоя в 2 раза.

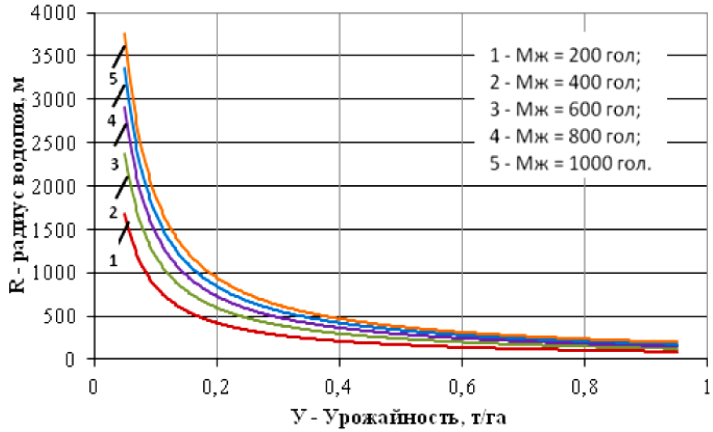


Рис. 1. Зависимость $R = f(У)$

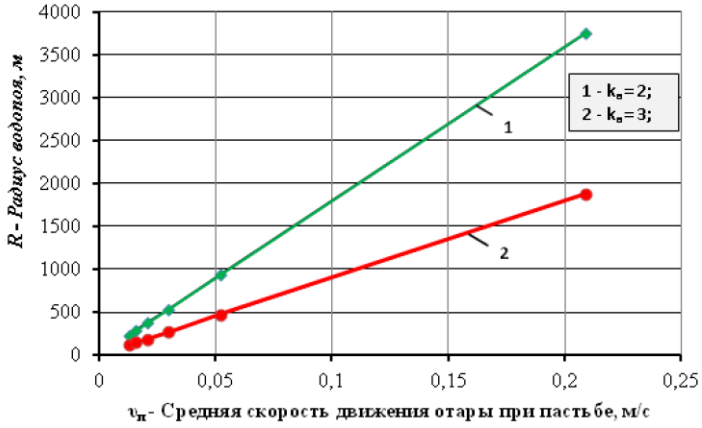


Рис. 2. Зависимость $R = \varphi(\upsilon_п)$

Таким образом, по итогам наших исследований можно сделать следующие выводы:

1. Радиус водопоя в основном зависит от средней скорости движения отары овец при пастьбе, кратности водопоя и времени пастьбы в сутки. При этом, основное влияние оказывают урожайность пастбищного участка и поголовье овец в отаре.

2. Результаты численного моделирования объекта исследования можно использовать при составлении рекомендаций для фермерских хозяйств, занятых отгонным овцеводством.

3. Хозяйственное использование результатов исследований может принести экономическую выгоду за счет рациональной эксплуатации пастбищ, а также будет способствовать улучшению экологии отгонных пастбищ.

Список использованных источников

1. Гумаров, Г. С. Теоретическое обоснование радиуса водопоя / Г. С. Гумаров // Аграрная наука. – 2003. – № 4. – С. 23–24.

2. Гумаров, Г. С. Методика определения радиуса водопоя / Г. С. Гумаров // Вестник сельско-хозяйственной науки Казахстана. – 2004. – № 7. – С. 37.

References

1. Gumarov, G. S. Theoretical justification of the watering radius / G. S. Gumarov // Agrarian science. – 2003. – № 4. – P. 23–24.

2. Gumarov, G. S. Methods for determining the radius of a watering hole / G. S. Gumarov // Bulletin of agricultural science of Kazakhstan. – 2004. – № 7. – P. 37.

УДК 579.66

Я. В. Устинская, М. А. Еськова,
М. С. Темнов, Д. С. Дворецкий
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», Тамбов, Россия, e-mail:ustinskaya.yana@yandex.ru)

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРИОДИЧЕСКОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ БАКТЕРИЙ *BACILLUS COAGULANS* ДЛЯ БИОСИНТЕЗА МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ

Аннотация. Математическая модель процесса периодического культивирования бактерий *Bacillus coagulans* описывает динамику роста клеток, потери углеродсодержащего субстрата и накопления молочной кислоты.

Ключевые слова: молочнокислые бактерии, культивирование, биосинтез молочной кислоты, моделирование.

Ya. V. Ustinskaya, M. A. Eskova, M. S. Temnov, D. S. Dvoretsky
(Tambov State Technical University, Department of Technology and Equipment for Food and Chemical Production, Tambov, Russia)

ON THE PROBLEM OF MODELING THE PROCESS OF PERIODIC CULTIVATION OF BACTERIA *BACILLUS COAGULANS* FOR LACTIC ACID BIOSYNTHESIS

Abstract. Mathematical model of the process of periodic cultivation of bacteria *Bacillus coagulans* describes the dynamics of the growth of cells, loss of carbon-containing substrate and accumulation of lactic acid.

Keywords: lactic acid bacteria, cultivation, biosynthesis of lactic acid, modeling.

Важным направлением в моделировании процесса биосинтеза молочной кислоты является изучение биологических свойств продуцентов молочнокислого брожения.

Математическая модель процесса периодического культивирования бактерий *Bacillus coagulans* связывает следующие входные и выходные переменные: температура культивирования T, (°С), начальная концентрация биомассы x_0, (млн кл/мл), отношение углерода к азоту и фосфору C:N:P; концентрация молочной кислоты, (г/л), концентрация биомассы x, (млн кл/мл).

При выборе уравнений математической модели необходимо учитывать скорость протекания биохимических процессов, которая определяется скоростью роста микроорганизмов в зависимости от одного или нескольких параметров среды (источники азота и углерода, pH, температура, способ культивирования).

Накопление биомассы бактерий имеет характер кривой, соответствующий логистическому уравнению Ферхюльста [1] для ограниченного роста популяции:

$$\frac{dx}{dt} = \mu x\left(1 - \frac{x}{E_{\text{п}}}\right), \qquad (1)$$

где x – концентрация биомассы клеток, млн кл/мл; μ – удельная скорость роста, сут$^{-1}$ – характеризует прирост биомассы в единицу времени; $E_{\text{п}}$ – емкость популяции, млн кл/мл – характеризуется наибольшей концентрацией биомассы, которая может быть получена при заданных условиях.

Емкость популяции ($E_{\text{п}}$) найдена из экспериментальных данных по биосинтезу молочной кислоты и равна максимальной концентрации биомассы бактерий *Bacillus coagulans* (900 млн кл/мл).

Удельная скорость роста зависит от концентрации углеродного субстрата S и от количества накопленной молочной кислоты P. С течением времени уровень pH, обусловленный накоплением молочной кислоты, ингибирует рост молочнокислых бактерий, и удельная скорость роста снижается. Данная зависимость представлена уравнением:

$$\mu = \mu_{\max}\left(\frac{S}{K_s + S}\right)\left(\frac{1}{1 + \frac{P}{K_p}}\right), \qquad (2)$$

где $\mu_{\max}$ – максимальная удельная скорость роста (константа), ч$^{-1}$; S – количество глюкозы, г/л; K_s – константа насыщения субстратом – характеризует концентрацию субстрата, при которой удельная скорость роста равна половине максимальной, г/л; K_p – константа ингибирования продуктом метаболизма – характеризует концентрацию продута, при которой удельная скорость роста равна половине максимальной, г/л; P – количество молочной кислоты, г/л.

Для удобства расчетов констант μ_{max}, K_s и K_p уравнение (2) преобразовано так, чтобы экспериментальные точки лежали на прямой линии. Одним из методов преобразования является метод Лайнуивера и Бэрка [1]:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_{max}} + \frac{K_s}{\mu_{max}} \frac{1}{S}, \tag{3}$$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_{max}} + \frac{1}{\mu_{max} K_p} P, \tag{4}$$

K_S = 10,0 мг/л; K_P = 7,9 мг/л; μ_{max} = 1,05 сутки$^{-1}$; μ_{Pmax} = 1,75 сутки$^{-1}$.

В процессе ферментации субстрат расходуется на рост биомассы, образование основного продукта метаболизма, поддержание жизнедеятельности клеток и синтез других продуктов метаболизма, образующихся в небольшом количестве. Можно сделать вывод, что процесс убыли глюкозы описывается уравнением:

$$\frac{dS}{dt} = -\left(\frac{1}{Y_{XS}} \frac{dx}{dt} + \frac{1}{Y_{PS}} \frac{dP}{dt} + m_s x \right), \tag{5}$$

где Y_{XS} – экономический коэффициент, характеризующий количество образующейся биомассы Δx при количестве затраченного субстрата ΔS за время Δt; Y_{PS} – экономический коэффициент, характеризующий количество образующейся молочной кислоты при количестве затраченного субстрата ΔS за время Δt; m_s – коэффициент поддержания жизнедеятельности культуры по субстрату – характеризует количество глюкозы, которое расходуется на поддержание жизнедеятельности микроорганизмов.

Коэффициенты Y_{XS}, Y_{PS} и m_s найдены по экспериментальным данным путем решения обратной задачи (Y_{XS} = 0,5 млн кл··л/(мл·г); Y_{PS} = = 0,1 млн кл·л/(мл·г); m_s = 0,1).

Процесс накопления молочной кислоты характеризуется следующими закономерностями: чем меньше глюкозы в питательной среде, тем меньше образуется молочной кислоты; чем больше молочной кислоты накапливается в культуральной жидкости, тем меньше ее прирост, так как молочнокислые бактерии гибнут из-за понижающегося уровня pH. Таким образом, кинетика биосинтеза молочной кислоты описывается следующим уравнением:

$$\frac{dP}{dt} = q_{p\max}\left(\frac{S}{K_p + S}\right)\left(\frac{1}{1+\frac{P}{K_p}}\right)\frac{dx}{dt}, \qquad (6)$$

где $q_{P\max}$ – максимальная удельная скорость биосинтеза молочной кислоты, сутки$^{-1}$; S – количество глюкозы, г/л; K_p – константа ингибирования, мг/л; P – количество молочной кислоты, г/л.

Уравнения 1 – 2, 5 – 6 образуют систему с начальными условиями: x_0 = 50 млн кл/мл, S_0 = 140 г/л, P_0 = 0 г/л.

Для определения точности модели использовалась функция:

$$\delta_i^j(t) = \max\left|\frac{\xi^e(t) - \xi^m(t)}{\xi^e(t)}\right| \cdot 100\ \%, \qquad (7)$$

где $\xi^e(t)$ = (X^e, S_N^e, S_P^e), $\xi^m(t)$ = (X^m, S_N^m, S_P^m) – векторы экспериментальных и расчетных значений переменных модели.

Максимальное рассогласование составило: $\delta_{C-2}^{coag} = 9{,}5\,\%$. Полученная математическая модель может быть использована при расчете материального баланса процесса получения молочной кислоты микробиологическим способом.

Список использованных источников

1. Бирюков, В. В. Основы промышленной биотехнологии / В. В. Бирюков. – М. : КолосС, 2004. – 296 с.

References

1. Biryukov, V. V. Fundamentals of Industrial Biotechnology / V. V. Biryukov. – M. : KolosS, 2004. – 296 p.

УДК 579.66

М. А. Еськова, Я. В. Устинская,
М. С. Темнов, Д. С. Дворецкий
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», Тамбов, Россия, e-mail: mashaeskova@yandex.ru)

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРИОДИЧЕСКОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛИ *CHLORELLA VULGARIS*

Аннотация. Разработана математическая модель процесса культивирования микроводоросли *Chlorella vulgaris Beijer* С-2, позволяющая рассчитывать изменение массы клеток микроводорослей, концентрацию азотсодержащего субстрата в культуральной жидкости и концентрацию внутриклеточных липидов.

Ключевые слова: микроводоросли, хлорелла, математическое моделирование.

M. A. Eskova, Ya. V. Ustinskaya,
M. S. Temnov, D. S. Dvoretsky
(Tambov State Technical University, Department of Technology and Equipment for Food and Chemical Production, Tambov, Russia)

ON THE ISSUE OF MODELING THE PERIODIC PROCESS OF *CHLORELLA VULGARIS* CULTIVATION

Abstract. A mathematical model of the *Chlorella vulgaris Beijer* C-2 microalgae cultivation process has been developed. The model allows to calculate changes in the microalgae cell mass, the concentration of a nitrogen-containing substrate in the culture fluid, and the intracellular lipids concentration.

Keywords: Chlorella vulgaris, mathematical modeling.

По мнению аналитиков, рынок продуктов на основе микроводорослей будет расширяться с умеренным среднегодовым темпом роста ~5%, что можно объяснить растущей популярностью продуктов на их основе [1]. Микроводоросли могут применяться либо в качестве биомассы, либо для получения ценных компонентов, содержащихся в них. Однако, из-за сложности организации равномерных условий для их роста, масштабирование систем культивирования является сложной задачей. Для ускорения процесса проектирования производств продуктов из микроводорослей необходима разработка математических моделей. Кроме того, программы, реализующие математические модели,

будут являться полезным инструментом для инженерных расчетов процессов и оборудования производств с использованием микроводорослей.

Процесс культивирования микроводоросли может быть представлен в виде структурной схемы, представленной на рис. 1.

Рис. 1. Структурная схема процесса культивирования микроводорослей

Входными переменными модели являются: температура культивирования T, (°С), уровень фотосинтетически активной радиации ФАР, (ммоль фотонов/м^2·с), отношение углерода к азоту C:N. К выходным переменным относятся: концентрация клеток X, (млн кл/мл), количество внутриклеточных липидов $c_{лип}$, (% (масс.)). В качестве внутренних параметров рассматриваются: максимальная удельная скорость роста μ_{max}, (сутки$^{-1}$); константа полунасыщения K_{SN}, (г/л); емкость популяции $E_п$, (млн кл/мл).

При выборе уравнений математической модели, способной описывать поведение культуры микроводорослей, необходимо учитывать процессы, проходящие в клетке. Так, нитраты, главным образом, идут на биосинтез аминокислот и белков, и как следствие на накопление биомассы, причем, высокие концентрации азота в питательной среде оказывают ингибирующее действие на скорость роста микроводорослей. Также на скорость роста влияют эффективность транспортных систем клетки и активность ферментных систем. Причем, при оптимальных условиях культивирования удельная скорость роста пропорциональна скорости поглощения лимитирующего питательного вещества. Также необходимо учесть, что в условиях ограничения пищевых ресурсов существует предельная концентрация биомассы, которую может достигнуть популяция. При низких концентрациях азота усиливается биосинтез и накопление липидов, сопровождающийся снижением содержания белка и скорости роста. При этом, количество образующихся липидов пропорционально концентрации накопленной биомассы микроводорослей.

Таким образом, процесс культивирования микроводорослей может быть описан моделью, состоящей из трех уравнений, связывающих: накопление биомассы, потребление субстрата (нитратов) и биосинтез продукта (липидов).

При разработке математической модели приняты следующие допущения: 1) все клетки микроводорослей одинаковы по строению и обладают одинаковым метаболизмом; 2) лабораторная установка обеспечивает равномерное распределение питательных веществ между клетками; 3) температура, ФАР и pH во время культивирования имели фиксированные значения; 4) микроводоросли поглощают вещества независимо от их ионной формы; 5) рост клеток ограничивается только концентрацией нитратов.

Коэффициенты математической модели рассчитывались с использованием экспериментальных данных путем решения обратной задачи. Эксперимент проводился при следующих условиях: культивирование микроводорослей проводили на среде Тамия в течение десяти дней при начальной концентрации биомассы 0,2 млн кл/мл; использовались четыре образца, выращиваемых при разных уровнях ФАР и температуры (№ 1 – 105 ммоль фотонов/м^2·с, 20 °С, № 2 – 315 ммоль фотонов/м^2·с, 20 °С, № 3 – 105 ммоль фотонов/м^2·с, 30 °С, № 4 – 315 ммоль фотонов/м^2·с, 30 °С [2]). Количество клеток микроводорослей определяли методом гемоцитометрии. Экстракцию липидов проводили в аппарате Сокслета.

Рассматриваемая система уравнений кинетики процесса культивирования микроводорослей имеет вид:

$$\begin{cases} \dfrac{dX}{dt} = \mu_{max} \dfrac{S_N}{K_S + S_N + S_N^2 / K_{ing}} X \left(1 - \dfrac{X}{E_п}\right), \\ \dfrac{dS_N}{dt} = -\dfrac{1}{Y_{XS_N}} \dfrac{dX}{dt}, \\ \dfrac{dc_{лип}}{dt} = \dfrac{q_P}{S^r} X \left(1 - \dfrac{c_{лип}}{c_{лип}^{max}}\right). \end{cases} \quad (1)$$

с начальными условиями: 1) $X(0)$ = 0,24 млн кл/мл, $S_N(0)$ = 3,5 г/л, $c_{лип}(0)$ = 7,5%.

Обработка экспериментальных данных позволила рассчитать коэффициенты уравнений для штамма *C. vulgaris Beijer* С-2 (табл. 1).

1. Коэффициенты уравнений модели

Коэффициент	Метод нахождения	1	2	3	4
$E_п$, млн кл/мл	Из графиков экспериментальных данных	1,5	1,62	1,32	1,48
$с_{лип}^{max}$, %		35,6	41,25	35	44,2
μ_{max}, сутки$^{-1}$	Метод Хейнса	1,01	1,15	0,87	1,08
K_S, г/л		4,7	4,7	4,7	4,7
K_{ing}, г/л		16,39	16,39	16,39	16,39
q_P, сутки$^{-1}$		37,1	73,7	40,2	38,5
Y_{XS}, (млн кл./л)/(мл/г)	Метод наименьших квадратов	0,82	0,88	0,8	0,82
r		0,003	0,003	0,003	0,003

Сравнение экспериментальных данных и полученных в результате расчета с использованием математической модели показало, что максимальное рассогласование составило 13%. Полученная математическая модель может быть использована при расчете материальных балансов процесса культивирования микроводорослей.

Список использованных источников

1. Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans / A. K. Koyande, K. W. Chew, K. Rambabu et al. // Food Science and Human Wellness. – 2019. – V. 8. – P. 16 – 24.

2. Исследование влияния условий культивирования на жирнокислотный состав липидов микроводоросли Chlorella vulgaris / Д. Дворецкий, С. Дворецкий, М. Темнов и др. // Химико-технические труды. – 2020. – Т. 79.

References

1. Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans / A. K. Koyande, K. W. Chew, K. Rambabu et al. // Food Science and Human Wellness. – 2019. – V. 8. – P. 16 – 24.

2. Research into the influence of cultivation conditions on the fatty acid composition of lipids of chlorella vulgaris microalgae / D. Dvoretsky, S. Dvoretsky, M. Temnov et al. // Chemical engineering transactions. – 2020. – V. 79.

УДК 634.1.03: 621.38

М. Л. Дубровский, А. С. Гордеев
(ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», лаборатория селекции слаборослых клоновых подвоев и других плодовых культур, кафедра агроинженерии и электроэнергетики, Мичуринск, Россия, e-mail: element68@mail.ru)

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОВАРНОГО СОРТА КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. Для повышения объективности определения товарного сорта клоновых подвоев плодовых культур разработан и успешно апробирован алгоритм обработки их цифровых изображений в программной среде MATLAB с использованием вычислительных средств инструментального пакета Image Processing Toolbox.

Ключевые слова: клоновые подвои, товарный сорт, цифровое изображение, обработка изображений, алгоритм анализа, MATLAB.

M. L. Dubrovsky, A. S. Gordeev
(Michurinsk State Agrarian University, Laboratory of Breeding of Low-vigorous Clonal Rootstocks and Other Fruit Crops, Department of Agroengineering and Electric Power Industry, Michurinsk, Russia)

DEVELOPMENT OF THE IMAGE PROCESSING ALGORITHM FOR DETERMINING THE COMMERCIAL GRADE OF CLONAL ROOTSTOCKS OF FRUIT CROPS

Abstract. To increase the objectivity of determining the commercial grade of clonal rootstocks of fruit crops, the algorithm for processing their digital images in the MATLAB software environment using the package tools of the Image Processing Toolbox has been developed and successfully tested.

Keywords: clonal rootstocks, commercial grade, digital image, image processing, analysis algorithm, MATLAB.

Важным технологическим этапом при выращивании клоновых подвоев в маточнике является калибровка их отделенных укорененных отводков по товарным сортам. Это позволяет выбрать одномерные отводки, пригодные для зимней прививки (прививки черенком) или непосредственной высадки в первое поле питомника. Калибровка отделенных укорененных отводков по товарным сортам является одним из самых трудозатратных этапов производства клоновых подвоев, что связано с их различными биологическими особенностями. Для дальнейшего использования в питомнике необходимо использовать только самые качественные отводки клоновых подвоев, поэтому незаменима

их сортировка сразу после отделения их с маточных кустов. Автоматизация данного процесса позволит значительно ускорить калибровку подвойного материала и повысить объективность анализа вследствие учета количественных показателей.

Важным технологическим этапом многих автоматизированных устройств является цифровой анализ изображений, позволяющий оперативно обрабатывать графическую информацию и при этом производить необходимые вычисления и измерения [1, 2, 4]. Целью наших исследований являлась разработка и оптимизация алгоритма обработки изображений для определения товарного сорта клоновых подвоев плодовых культур с использованием ресурсов электронной вычислительной среды MATLAB.

Автоматизация ранжирования отводков клоновых подвоев основывается на измерении в MATLAB двух морфологических показателей согласно ГОСТ Р 53135–2008, определяющему отечественный стандарт посадочного материала плодовых культур [3], – диаметра стволика в месте будущей прививки и площади проекции корней в базальной части отводка. Клоновые подвои после измерения данных показателей разделяют на три группы – первого товарного сорта (самые лучшие), второго товарного сорта, а также несортовой материал – значительно недоразвитые или переросшие подвои, отводки с недоразвитием или отсутствием корней и др.

В процессе преобразования исходного полноцветного цифрового изображения в MATLAB производятся операции повышения его контрастности, трансформация в полутоновое изображение, его бинаризация по порогу, фильтрация шума. В итоге формируется числовая матрица значений пикселей, образующих итоговое бинарное изображение (в виде 0 для фона и 1 для объекта), после чего проводится количественный анализ показателей по данной матрице. Экспериментально установлено, что использование исходного полноцветного изображения формата JPEG размером 200×600 пикселей (0,12 Мпикс) является оптимальным вариантом по соотношению продолжительности его анализа и точности определяемых значений морфологических признаков. С учетом используемого масштабирования при фотосъемке, на изображении данного размера 1 пиксель соответствовал в реальности области площадью 1,10 мм^2 (1,05×1,05 мм).

Для повышения точности вычисления диаметра подвоя проводится трехкратное измерение ширины черной области на бинарном изображении, так как анализируемая строка его матрицы может случайно оказаться в месте нахождения почки на побеге, что увеличит рассчитываемое значение признака. Выбор для анализа трех строк матрицы позволит получить усредненное значение диаметра стволика клоново-

го подвоя. При предварительном анализе установлено, что у подвоев первого товарного сорта площадь проекции корней изменялась в диапазоне от 10 см^2 и более при среднем значении показателя около 15 см^2; второго сорта – от 5 до 10 см^2; несортовых – от 0 до 5 см^2.

По окончанию анализа в отдельном окне открывается бинарное изображение, а на панели рабочей области (Workspace) графического интерфейса MATLAB отображаются количественные значения ряда показателей, в том числе диаметра стволика подвоя в месте будущей прививки, выраженное в миллиметрах, и площади проекции корней в базальной части отводка в квадратных сантиметрах. Использование операторов *if*, *elseif*, *else* позволяет сразу ранжировать полученные данные и получить в командном окне (Command Window) одну из фраз, описывающих товарный сорт анализируемого подвоя: «Первый сорт», «Второй сорт» или «Браковка (нестандарт)».

На основании данного алгоритма успешно проведен автоматизированный анализ количественных морфологических показателей укорененных отводков клоновых подвоев яблони селекции Мичуринского ГАУ и теоретически показана возможность его использования в составе электронно-технического устройства для разделения подвоев по товарным сортам.

Список использованных источников

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений в среде Matlab / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – М. : Техносфера, 2006. – 616 с.

2. Гордеев, А. С. Моделирование в агроинженерии : учебник / А. С. Гордеев. – 2-е изд., испр. и доп.– СПб. : Лань, 2014. – 384 с.

3. ГОСТ Р 53135–2008. Посадочный материал плодовых, ягодных, субтропических, орехоплодных, цитрусовых культур и чая. Технические условия: издание официальное. – М. : Стандартинформ, 2009. – 45 с.

4. Russ, J. The image processing handbook / J. Russ. – Sixth Edition. – CRC Press, 2011. – 858 p.

References

1. Gonzalez, R. C. Digital Image Processing Using MATLAB / R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins. – M. : Technosphere, 2006. – 616 p.

2. Gordeev, A. S. / Modeling in Agroengineering : a Textbook / A. S. Gordeev. – 2nd edition. – SPb. : Lan, 2014. – 384 p.

3. GOST R 53135–2008. Plant material of fruit, berry, subtropical, nut crops, citrus crops and tea. Specifications: Official edition. – M. : Standartinform, 2009. – 45 p.

4. Russ, J. The image processing handbook / J. Russ. – Sixth Edition. – CRC Press, 2011. – 858 p.

УДК 681.54

И. А. Дьяков
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Информационные процессы и управление»,
Тамбов, Россия, e-mail: nanogalvanotech@mail.ru)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА, ОКСИДА АЗОТА, АММИАКА

Аннотация. Математическое обеспечение играет важную роль в правильности измерения физических величин и адекватности алгоритмов контроля и управления. Цифровые системы предоставляют широкие возможности обработки измерительной информации по сложным математическим моделям.

Ключевые слова: агропромышленность, математическое моделирование, интерполяция, определение концентрации газов, автоматизированные системы.

I. A. Dyakov
(Tambov State Technical University,
Department of Information Processes and Management, Tambov, Russia)

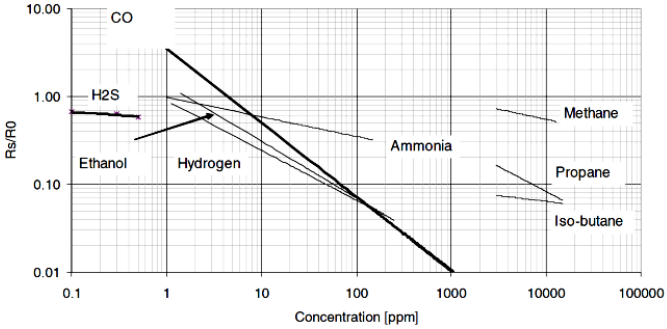
MATHEMATICAL SOFTWARE FOR AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE CONCENTRATION OF CARBON MONOXIDE, NITROGEN OXIDE, AMMONIA

Abstract. The software plays a role in the correctness of physical quantities and the adequacy of control and management algorithms. Digital systems have a wide range of information processing capabilities using complex mathematical models.

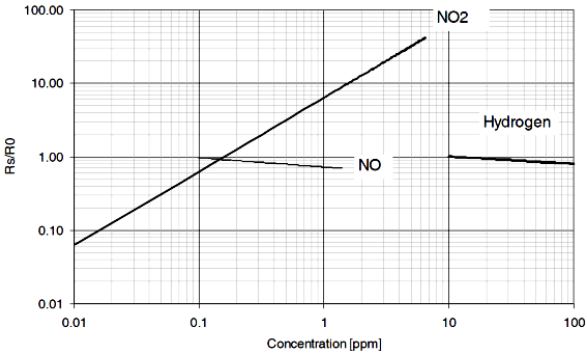
Keywords: agro-industry, mathematical modeling, interpolation, determination of gas concentration, automated systems.

Математическое обеспечение автоматизированных систем контроля и управления структурно состоит из математических моделей объектов, математического описания цифровой обработки сигналов, математического описания методов вычислительной математики [1, 2]. В цифровых системах математическое обеспечение реализуется в виде алгоритмов и прикладного программного обеспечения.

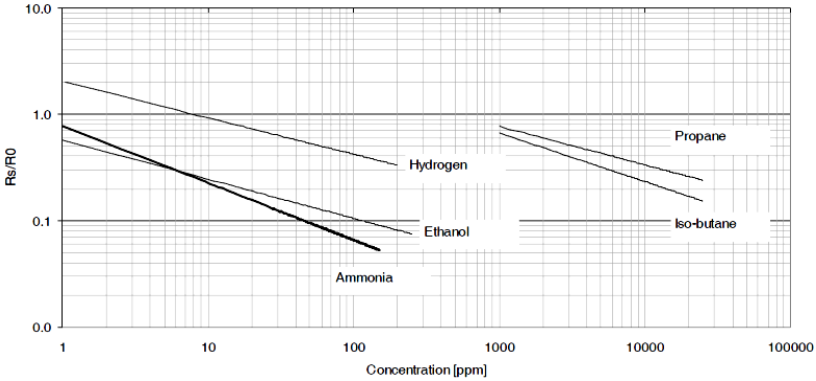
Производитель датчиков MiCS-6814 SGX Sensortech (Швейцария) приводит в спецификации [3] диаграммы изменения концентрации CO, NO, NH_3 в зависимости от отношения сопротивлений сенсоров R_S/R_0. Единицы измеряемой концентрации – ppm (частей на миллион), не соответствуют требованиям ГОСТ к измерению ПДК газов. Непосредственно диаграммы (рис. 1) также не пригодны к применению



а) зависимость концентрации CO от сопротивления сенсора



б) зависимость концентрации NO_2 от сопротивления сенсора

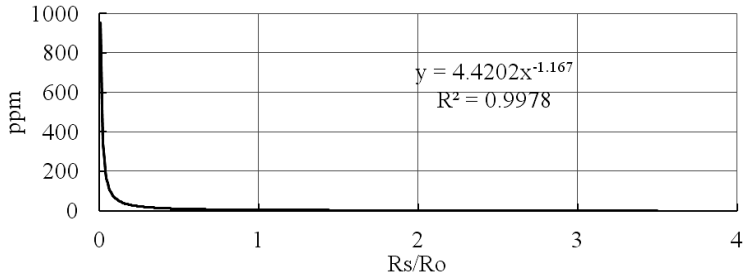


в) зависимость концентрации NH_3 от сопротивления сенсора

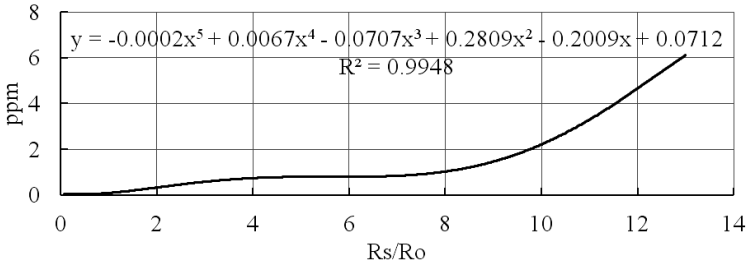
Рис. 1. Диаграммы чувствительности сенсорного элемента MiCS-6814

в автоматизированных системах и требуют математической обработки. Особо стоит отметить применение разработчиками логарифмических шкал осей диаграмм.

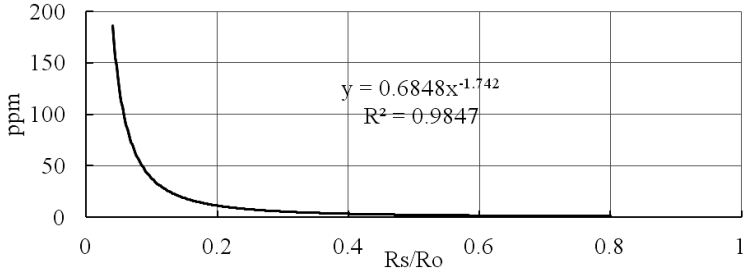
Регрессионный анализ диаграмм позволил получить эмпирические нелинейные характеристики сенсоров (рис. 2).



а) степенная зависимость концентрации CO от сопротивления сенсора



б) полиномиальная зависимость концентрации NO_2 от сопротивления сенсора



в) степенная зависимость концентрации NH_3 от сопротивления сенсора

Рис. 2. Эмпирические зависимости сенсорного элемента MiCS-6814

Эмпирические зависимости для программной реализации в автоматизированной системе имеют следующий вид:

$$\sigma_{\text{CO}}^{ppm} = 4{,}4202\,\frac{R_S^{-1{,}167}}{R_0};$$

$$\sigma_{\text{CO}}^{ppm} = -0{,}0002\left(\frac{R_S}{R_0}\right)^5 + 0{,}0067\left(\frac{R_S}{R_0}\right)^4 - 0{,}0707\left(\frac{R_S}{R_0}\right)^3 +$$

$$+ 0{,}2809\left(\frac{R_S}{R_0}\right)^2 - 0{,}2009\,\frac{R_S}{R_0} + 0{,}0712;$$

$$\sigma_{\text{NH}_3}^{ppm} = 0{,}6848\,\frac{R_S^{-1{,}742}}{R_0}.$$

Массовая доля газа для работы в соответствии с ГОСТ может быть получена из соотношения:

$$W_{\text{газ}} = \sigma_{\text{газ}}^{ppm}\left(\frac{M_{\text{газ}}}{24{,}05526}\right),\ \text{мг/м}^3,$$

где M – молекулярный вес;

$M_{\text{CO}} = 28{,}01$ оксид углерода, ПДК 20 мг/м^3;

$M_{\text{NH}_3} = 17{,}03$ аммиак, ПДК 20 мг/м^3;

$M_{\text{NO}_2} = 46{,}01$ диоксид азота, ПДК 2 мг/м^3.

Список использованных источников

1. Громов, Ю. Ю. Микроконтроллеры с ядром Cortex-M3 в системах управления и автоматики [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. Ю. Громов, И. А. Дьяков, А. В. Романенко. – Электрон. текстовые данные. – Саратов : Вузовское образование, 2019. – 84 с. – URL : http://www.iprbookshop.ru/85789.html

2. Дьяков, И. А. Технология интеллектуального управления компонентами инженерных систем. Протокол X10 [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. А. Дьяков, А. А. Терехова, А. И. Дьяков. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – 978-5-8265-2102-1

3. Datasheet-MiCS-6814-rev-8. Switzerland. – SGX Sensortech. – 5 p. – URL : https://sgx.cdistore.com/datasheets/sgx/1143_datasheet%20mics-6814%20rev%208.pdf

References

1. Gromov, Yu. Yu. Mikrokontrollery s yadrom Cortex-M3 v sistemah upravleniya i avtomatiki [Elektronnyj resurs] : uchebnoe posobie / Yu. Yu. Gromov, I. A. D'yakov, A. V. Romanenko. – Elektron. tekstovye dannye. – Saratov : Vuzovskoe obrazovanie, 2019. – 84 c. – Rezhim dostupa: http://www.iprbookshop.ru/85789.html

2. D'yakov, I. A. Tekhnologiya intellektual'nogo upravleniya komponentami inzhenernyh sistem. Protokol H10 [Elektronnyj resurs] : uchebnoe posobie / I. A. D'yakov, A. A. Terekhova, A. I. D'yakov. – Tambov : Izdatel'skij centr FGBOU VO «TGTU», 2019. – 978-5-8265-2102-1

3. Datasheet-MiCS-6814-rev-8. Switzerland. – SGX Sensortech. – 5 p. – URL : https://sgx.cdistore.com/datasheets/sgx/1143_datasheet%20mics-6814%20rev%208.pdf

УДК 631.554

Г. Н. Ерохин

(ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, Тамбов, e-mail: witin4@rambler.ru)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Аннотация. Разработана математическая модель и компьютерная программа прогнозирования производительности зерноуборочных комбайнов. Получены зависимости эксплуатационной производительности зерноуборочных комбайнов от урожайности зерновой культуры.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, модель, производительность, урожайность.

G. N. Erokhin

(Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Tambov, Russia)

COMPUTER MODELING OF OPERATIONAL INDICATORS OF COMBINE HARVESTERS

Abstract. A mathematical model and a computer program for forecasting the performance of combine harvesters have been developed. The dependences of the operational productivity of grain harvesters on the yield of grain crops have been obtained.

Keywords: combine harvester, model, productivity, yield.

Компании, производящие зерноуборочные комбайны, предоставляют обширную информацию о выпускаемой продукции. Однако, в большинстве случаев, не указывается производительность комбайна. Это объясняется тем, что производительность одного и того же комбайна может значительно отличаться в зависимости от конкретных условий уборки. Сложившаяся ситуация ставит потребителя в затруднительное положение при выборе необходимой для его условий техники.

Выполненные в ФГБНУ ВНИИТиН (г. Тамбов) исследования позволили разработать математическую модель определения эксплуатационных показателей зерноуборочных комбайнов для конкретных условий уборки.

Общий вид модели представлен ниже:

$$П_О = f_1(П_{УС}, П_{ТХ}),$$
$$П_{ОП} = f_2(П_{УС}, П_{ТХ}),$$
$$П_{СМ} = f_3(П_{УС}, П_{ТХ}, П_{МОН}),$$
$$П_{ЭК} = f_4(П_{УС}, П_{ТХ}, П_{МОН}, П_{НАР}),$$

где $f_1 \ldots f_4$ – совокупности уравнений для определения эксплуатационных показателей.

Модель предусматривает получение следующих эксплуатационных показателей [1]: $П_О$ – производительность комбайна по основному времени; $П_{ОП}$ – производительность комбайна по оперативному времени, $П_{СМ}$ – производительность комбайна по сменному времени; $П_{ЭК}$ – производительность комбайна по эксплуатационному времени (эксплуатационная производительность).

Входными параметрами модели являются показатели четырех групп: $П_{УС}$ – показатели условий уборки зерновых культур, $П_{ТХ}$ – показатели технической характеристики зерноуборочного комбайна, $П_{МОН}$ – показатели мониторинга работы зерноуборочного комбайна, $П_{НАР}$ – показатели наработки зерноуборочного комбайна.

Совокупности функций $f_1 \ldots f_4$, моделирующих получение интересующих эксплуатационных показателей, подробно описаны в работах [2, 3]. Определение производительности по основному времени проводилось с использованием значения пропускной способности, вычисленной по статистическим уравнениям [4]. Разработанная модель позволяет учитывать изменение надежности комбайнов в процессе их использования [5]. Это дает возможность оценки эксплуатационных показателей как новых зерноуборочных комбайнов, так и имеющих определенную наработку с начала эксплуатации.

На основе предложенной модели разработана компьютерная программа, которая позволяет прогнозировать эксплуатационные показатели комбайнов в зависимости от условий уборки зерновых культур в сельхозпредприятии.

С помощью программы проведены исследования влияния урожайности зерновой культуры на эксплуатационную производительность зерноуборочного комбайна. В качестве объектов исследований выбраны зерноуборочные комбайны следующих марок: NOVA («Ростсельмаш»), ПАЛЕССЕ GS12 («Гомсельмаш»), Lexion 6800 («Claas»). Выбранные комбайны имеют молотильное устройство барабанного типа и двигатель мощностью соответственно 180 л. с., 330 л. с. и 461 л. с.

В результате исследований смоделированы зависимости эксплуатационной производительности вышеперечисленных зерноуборочных комбайнов от урожайности убираемой зерновой культуры (рис. 1). Зависимости получены при условиях уборки: соломистость (отношение массы незерновой части к массе зерна) – 1,5; длина гона 1000 м; влажность соломы – 14%; засоренность и полеглость в пределах 3%, наработка комбайна с начала эксплуатации 20 часов.

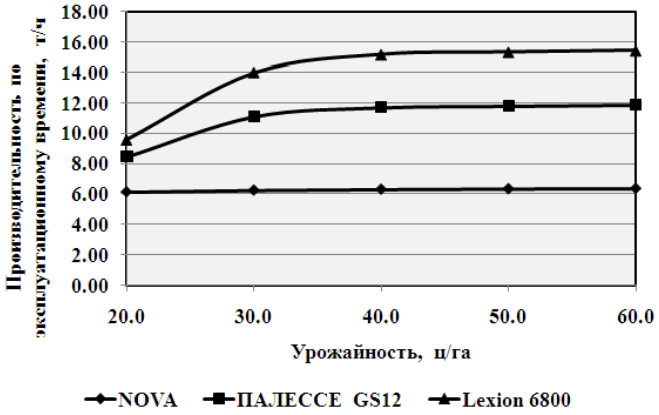


Рис. 1. Зависимости производительности по эксплуатационному времени от урожайности зерновой культуры

Для комбайна NOVA (ширина жатки 6 м) эксплуатационная производительность в рассматриваемом диапазоне урожайности незначительно увеличивается с 6,13 до 6,35 т/ч. Такой тип зависимости свидетельствует о том, что данный комбайн работает с полной загрузкой молотилки во всем диапазоне рассматриваемой урожайности 20…60 ц/га.

Иной тип зависимости имеем для комбайна ПАЛЕССЕ GS12 (ширина жатки 7м). В интервале урожайности 20… 30 ц/га происходит

резкий рост эксплуатационной производительности с 8,5 до 11,5 т/ч. В этом диапазоне комбайн работает с неполной загрузкой из-за ограничения максимальной рабочей скорости. С повышением урожайности сверх 30 ц/га комбайн выходит на режим полной загрузки по пропускной способности и эксплуатационная производительность имеет незначительный рост до 11,9 т/ч при урожайности 60 ц/га.

Наиболее мощный комбайн Lexion 6800 (ширина жатки 7,7 м) до урожайности 35 ц/га имеет крутой рост производительности за счет возрастания используемой пропускной способности. В дальнейшем комбайн выходит на режим полной загрузки молотилки и рост производительности становится незначительным. Этот рост обусловлен уменьшением времени на повороты комбайна в конце загонки.

В итоге при полной загрузке относительная эксплуатационная производительность исследуемых комбайнов при данных условиях составляет: NOVA – 100%, ПАЛЕССЕ GS12 – 187%, Lexion 6800 – 244%.

Выводы. Полученные результаты исследований позволяют обоснованно подходить к применению зерноуборочных комбайнов различных марок для конкретных условий сельхозпредприятия и обеспечивать эффективность использования зерноуборочной техники.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 52778–2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М. : «Стандартинформ», 2008. – 24 с.

2. Ерохин, Г. Н. Использование зерноуборочных комбайнов за пределами регламентированного срока службы / Г. Н. Ерохин, В. В. Коновский, Н. П. Тишанинов. – М. : РАСХН, 2005. – 63 с.

3. Ерохин, Г. Н. Моделирование эксплуатационно-технологических показателей зерноуборочных комбайнов / Г. Н. Ерохин, А. С. Решетов, В. В. Коновский // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 1. – С. 30–31.

4. Жалнин, Э. В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов с использованием принципа гармоничности их конструкции / Э. В. Жалнин. – М. : ВИМ, 2011. – 104 с.

5. Ерохин, Г. Н. Надежность зерноуборочных комбайнов в реальных условиях эксплуатации / Г. Н. Ерохин, В. В. Коновский // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2014. – № 1. – С. 37 – 40.

References

1. GOST R 52778-2007. Ispytaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki. Metody ekspluatacionno-tekhnologicheskoj ocenki. – M. : «Standartinform». – 2008. – 24 s.

2. Erohin, G. N. Ispol'zovanie zernouborochnyh kombajnov za predelami reglamentirovannogo sroka sluzhby / G. N. Erohin, V. V. Konovskij, N. P. Tishaninov. – M. : RASKHN, 2005. – 63 s.

3. Erohin, G. N. Modelirovanie ekspluatacionno-tekhnologicheskih pokazatelej zernouborochnyh kombajnov / G. N. Erohin, A. S. Reshetov, V. V. Konovskij // Traktory i sel'hozmashiny. – 2011. – № 1. – S. 30–31.

4. Zhalnin, E. V. Raschet osnovnyh parametrov zernouborochnyh kombajnov s ispol'zovaniem principa garmonichnosti ih konstrukcii / E. V. ZHalnin. – M. : VIM, 2011. – 104 s.

5. Erohin, G. N. Nadezhnost' zernouborochnyh kombajnov v real'nyh usloviyah ekspluatacii / G. N. Erohin, V. V. Konovskij // Sel'skohozyajstvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont. – 2014. – № 1. – S. 37 – 40.

УДК 004

М. А. Ерусланова, К. В. Немтинов, А. Н. Зазуля
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»,
кафедра «Агроинженерия», Тамбов, Россия,
e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru, e-mail: msh@nnn.tstu.ru)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ УСТАНОВКИ ПО ОЧИСТКЕ И КАЛИБРОВКЕ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. Решены вопросы конструкторской разработки и дизайнерского оформления установки по очистке и калибровке семян зерновых культур, достоинством которой является освобождение пользователя от погрузочно-разгрузочно-загрузочных и транспортных работ по перемещению семян с бурта в традиционные семенные линии.

Ключевые слова: конструкторская разработка, установка по очистке и калибровке семян зерновых культур.

M. A. Eruslanova, K. V. Nemtinov, A. N. Zazulya
(Tambov State Technical University,
Department of Computer-integrated Systems in Mechanical Engineering»,
Department of Agroengineering, Tambov, Russia)

INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE DESIGN OF A PLANT FOR CLEANING AND CALIBRATION OF GRAIN SEEDS

Abstract. The article deals with the issues of design development and design of the plant for cleaning and calibration of grain seeds, the advantage of which is the release of the user from loading, unloading, loading and transport operations for moving seeds from the Burt to traditional seed lines.

Keywords: plant for cleaning and calibration of grain seeds.

В настоящее время применение вычислительной техники и современного прикладного программного обеспечения в значительной степени позволяет создать новую сельскохозяйственную машину с высокими технологическими характеристиками для реальных условий эксплуатации [1 – 3]. Настоящая работа посвящена вопросам реализации стадии конструкторской разработки установки по очистке и калибровке семян зерновых культур.

При разработке установки была поставлена задача освобождения пользователя от погрузочно-разгрузочно-загрузочных и транспортных работ по перемещению семян с бурта в традиционные семенные линии.

На рисунке 1 представлена визуализация 3D-модели установки.

Рис. 1. Визуализация модели установки по очистке и калибровке семян зерновых культур

В предложенной конструкции установки обеспечена защита семян от травм о решета и ее высокая производительность при очистке и калибровке семян зерновых культур:

– отправка семян в очистку и калибровку осуществляется с помощью совков объемом 3 дм^3;

– семена движутся по семенам и проходят решета под углом не 0°, а 90°, что исключает травматизм семян;

– снижается энергопотребление и количество обслуживающего персонала.

Разработка конструкторской документации базировалась на технологии создания сложных агрокомплексов, описанной в работах [4 – 6]. При этом авторы использовали графический редактор «Компас», для выполнения расчетов – систему MathCad.

В соответствии с конструкторской документацией установки изготовлен опытный образец, опытные испытания которой показали ее высокую эффективность.

Список использованных источников

1. Немтинов, К. В. Технология автоматизированного синтеза сложных технологических комплексов / К. В. Немтинов, А. К. Ерусланов, В. А. Немтинов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2014. – № 1. – С. 75 – 83.

2. Анализ вариантов принятия решений при проектировании сложных технических систем / В. Немтинов, А. Зазуля, В. Капустин, Ю. Немтинова // Физический журнал: серия конференций. – 2019. – 1278(1), 012018.

3. Проектирование и исследование высевающих устройств для мелкосортных высевающих машин / В. Немтинов, Н. Крючин, А. Крючин, Ю. Немтинова // E3S Web of conferences. – 2019. – 126, 00003.

4. Немтинов, К. Инженерное проектирование зернового силоса и ковшового элеватора для комбинированной установки бункерной подготовки и посева зерновых культур / К. Немтинов, А. Ерусланов, Ю. Немтинова // E3S Web of Conferences ICMTMTE. – 2019. – 126, 00003.

5. Немтинов, В. Разработка проекта технологического комплекса для сварки трением тонкостенных изделий из армлена / В. Немтинов, В. Сергеев, Ю. Немтинова // IOP Conf. Серия: Материаловедение и машиностроение 709 (2020), 033072.

6. Разработка онлайн-приложения для определения теплофизических свойств веществ / С. Егоров, В. Немтинов, Ю. Немтинова, Е. Егоров // Физический журнал: серия конференций. – 2019. – 1278(1), 012016.

References

1. Nemtinov, K. V. Technology of automated synthesis of complex technological complexes / K. V. Nemtinov, A. K. Eruslanov, V. A. Nemtinov // Information technologies in design and production. – 2014. – № 1. – P. 75 – 83.

2. Analysis of decision-making options in complex technical system design / V. Nemtinov, A. Zazulya, V. Kapustin, Y. Nemtinova // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – 1278(1), 012018.

3. Design and study of seeding devices for small selection seeding machines / V. Nemtinov, N. Kryuchin, A. Kryuchin, Y. Nemtinova // E3S Web of conferences. – 2019. – 126, 00003.

4. Nemtinov, K. Engineering design of a grain silo and a bucket elevator for a combined unit for hopper preparation and seeding of grain crops / K. Nemtinov, A. Eruslanov, Y. Nemtinova // E3S Web of Conferences ICMTMTE 2019. – 126, 00003.

5. Nemtinov, V. Design development of technological complex for friction welding of thin-walled products made of armlen / V. Nemtinov, V. Sergeev, Yu. Nemtinova // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 709 (2020), 033072.

6. Development of an online application for determination of thermophysical properties of substances / S. Egorov, V. Nemtinov, Y. Nemtinova, E. Egorov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – 1278(1), 012016.

УДК 631.243.9

А. И. Завражнов, А. А. Завражнов, В. Ю. Ланцев, С. М. Ведищев, С. С. Толстошеин, С. М. Кольцов
(ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Мичуринск, Россия;
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия;
ООО «Системы моделирования», Тамбов, Россия,
e-mail: smkoltsov@yandex.ru)

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ВЕНТИЛИРУЕМОМ КАГАТЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Аннотация. Ключевым фактором, влияющим на снижение потерь в кагате при хранении, является температурный режим. Результаты проведенных исследований направлены на изучение температурного режима внутри кагата, они позволили обосновать схему расположения датчиков температуры внутри насыпи для управления системой активной вентиляции.

Ключевые слова: сахарная свекла, хранение, температурный режим, вентилирование.

A. I. Zavrazhnov, A. A. Zavrazhnov, V. Yu. Lantsov, S. M. Vedishchev, S. S. Tolstoshein, S. M. Koltsov
(Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia;
Tambov State Technical University, Department of Information Processes and Control, Tambov, Russia;
LLC “Systems of Simulation”, Tambov, Russia)

OPTIMIZATION OF THE TEMPERATURE REGIME IN THE VENTILATED PILE OF SUGAR BEET

Abstract. The key factor that affects the reduction of losses in the pile of sugar beet during storage is the temperature regime. The results of the research are aimed at studying the temperature regime inside the pile, they allowed us to justify

the layout of temperature sensors inside the embankment for controlling the active ventilation system.

Keywords: sugar beet, storage, temperature regime, ventilation.

На свеклопунктах сахарных заводов длительное хранение сахарной свеклы обеспечивается за счет поддержания температурного режима в кагатах. Охлаждение насыпи осуществляется подачей воздуха из окружающей среды системами активной вентиляции. Оптимизация температурного режима в кагате необходима для повышения сохранности свекольной массы и снижения расходов электроэнергии при работе вентиляционных систем [1].

Изучение распределения температуры внутри кагата при хранении сахарной свеклы проведено на насыпи со следующими размерами: ширина основания – 28 м, длина – 120 м, высота – 6,5 м, объем – 6600 т. Расстояние между соседними вентиляционными ветвями составило 6 м, они были установлены поперек кагата. На одну вентиляционную ветвь приходилось 410 т сахарной свеклы. Измерение температуры внутри кагата проведено в более чем в тридцати точках на расстоянии l_1 = 1,2; l_2 = 2,4; l_3 = 3,6; l_4 = 4,8; l_5 = 6,0 м от верхней поверхности кагата, как показано на рис. 1.

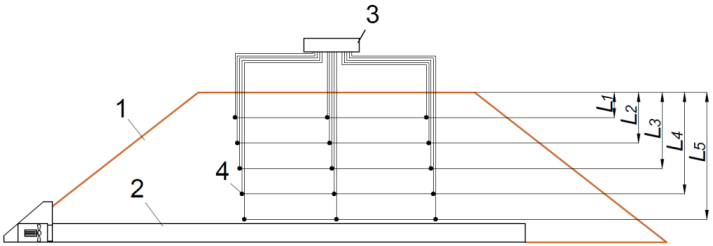


Рис. 1. Схема расстановки датчиков в вентилируемом кагате:
1 – кагат; *2* – вентиляционная ветвь;
3 – датчик температуры;
4 – измерительный прибор

На основании полученных экспериментальных данных реализован полнофакторный эксперимент, в котором в качестве варьируемых факторов были приняты: z – расстояние от поверхности кагата до точки в массиве кагата, м; T_{oc} – температура окружающей среды, °С.

В процессе обработки данных построены регрессионные модели зависимостей для случая, когда температура окружающей среды больше и меньше 4 °С. Если температура наружного воздуха $T_{ос} \geq 4$, °С, то уравнение приобретает следующий вид (1):

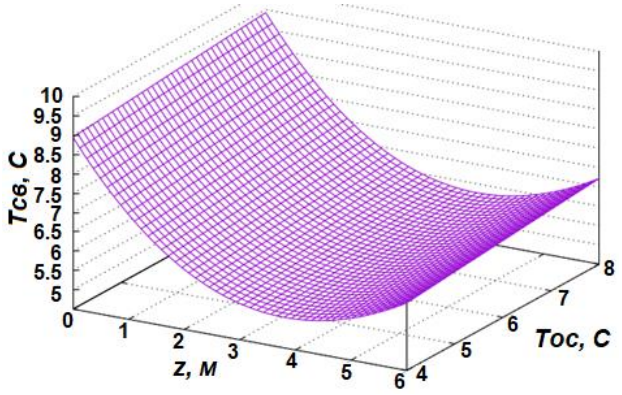
$$T_{св}(z, T_{ос}) = 8,46 - 2,05 \cdot z + 0,32 \cdot z^2 - 0,0089 z^3 + 0,12 \cdot T_{ос} + \\ + 0,001 \cdot T_{ос}^2 + 0,0012 \cdot T_{ос}^3 \cdot \quad (1)$$

При $T_{ос} < 4$, °С уравнение приобретает вид (2):

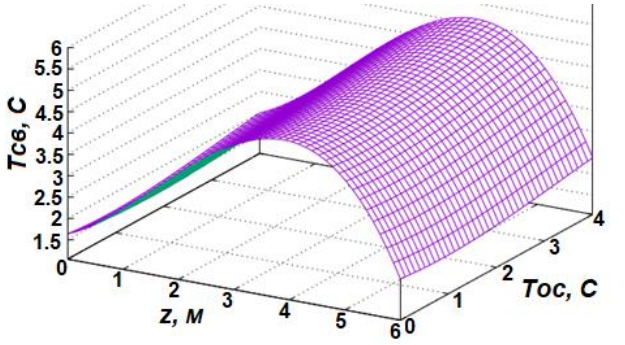
$$T_{св}(z, T_{ос}) = 1,64 + 0,537 \cdot z + 0,341 \cdot z^2 - 0,07 \cdot z^3 - 0,15 \cdot T_{ос} + \\ + 0,1 \cdot T_{ос}^2 - 0,01 \cdot T_{ос}^3 \cdot \quad (2)$$

Поверхности отклика полученной зависимости температуры внутри кагата от расстояния до искомой точки и температуры окружающей среды, представлены на рис. 2, где на оси абсцисс отмечена температура окружающей среды $T_{ос}$, °С, на оси ординат отмечено расстояние от верхней поверхности кагата до точки в массиве кагата z, м, на оси аппликат – температура свеклы в точке массива кагата $T_{св}$, °С. В случае, когда температура наружного воздуха выше 4°С, то в верхней и нижней части кагата наблюдались более высокие температуры, чем на расстоянии от 2 до 5 м от верхней плоскости насыпи (рис. 2, *а*). Если температура окружающей среды ниже 4 °С, то профиль поверхности менялся. Вблизи верхней и нижней плоскости кагата наблюдались наименьшие температуры (рис. 2, *б*). Причина снижения температуры нижней части кагата заключается в том, что в ней расположена вентиляционная система, а на изменение температуры сахарной свеклы в верхней части кагата оказывала воздействие окружающая среда.

В результате анализа полученных зависимостей установлено, что в исследуемой области насыпи наблюдается три температурные зоны. Первая зона расположена на расстоянии до 2 м от верхней поверхности кагата, в ней насыпь подвержена воздействию окружающей среды. Вторая температурная зона характеризуется устойчивостью к температурному изменению – на расстоянии от 2 до 5 м от поверхности кагата. Третья зона расположена на расстоянии от 5 до 6,5 м. В третьей зоне температура сырья зависит от температуры нагнетаемого воздуха с помощью вентиляционной системы. Для управления работой вентиляционной системой необходимы данные о температуре насыпи не



а)



б)

Рис. 2. Изменение температурного режима внутри кагата при температуре окружающей среды:
а – выше 4 °С; *б* – ниже 4 °С

менее чем в двух точках, расположенных в разных температурных зонах. В сезоне 2019 – 20 гг. для управления работой вентиляционной системой были установлены два датчика температуры на расстоянии 1 и 2,5 м от верхней поверхности кагата. Это позволило оптимизировать температурный режим в вентилируемом кагате и сохранить высокий уровень сахарозы 17,3…18,2%, получить минимальные потери свекломассы 2…2,5% в январе, когда срок хранения превысил 100 дней.

Список использованных источников

1. Ресурсосберегающая технология и техника производства сахарной свеклы : монография / А. И. Завражнов и др. – СПб. : Лань, 2019. – 164 с.

2. Волков, М. А. Тепло- и массообменные процессы при хранении пищевых продуктов / М. А. Волков. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. − 272 с.

References

1. Resource-Saving technology and technology of sugar beet production: monograph / A. I. Zavrazhnov et al. – Saint Petersburg : LAN, 2019. – 164 p.

2. Volkov, M. A. Heat and mass transfer processes in food storage / M. A. Volkov. – Moscow : Light and food industry, 1982. – 272 p.

УДК 681.3.067

Е. В. Зырянова, В. М. Белов, Е. Н. Пивкин
(ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный
технический университет», Новосибирск, Россия,
e-mail: keyvezed@mail.ru, vmbelov@mail.ru, evpiv@yandex.ru)

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

Аннотация. Описывается информационно-аналитическая система, реализующая алгоритм оценки качества экологической экспертизы, проводимой для объектов агропромышленного комплекса. Описанная система проводит экспертный опрос и обрабатывает результаты его проведения с помощью инструментария нечеткой логики. Результатом ее работы является нечеткий лингвистический терм, характеризующий качество проведенной экспертизы.

Ключевые слова: экологическая экспертиза, оценка качества, информационно-аналитическая система, нечеткая логика.

E. V. Zyrynova, V. M. Belov, E. N. Pivkin
(Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia)

INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM FOR ASSESSING THE QUALITY OF ENVIRONMENTAL ASSESSMENTS

Abstract. This article describes an information and analytical system that implements an algorithm for evaluating the quality of environmental expertise conducted for objects of the agro-industrial complex. The described system conducts

an expert survey and processes the results using fuzzy mathematical logic tools. The result of her work is a fuzzy linguistic term that characterizes the quality of the examination.

Keywords: environmental expertise, quality assessment, information and analytical system, fuzzy logic.

Введение. Экологическая составляющая агропромышленного комплекса обеспечивается посредством проведения экологических экспертиз (ЭЭ), которые регламентируются имеющимся в данной области законодательством. Таким образом, экологическая составляющая объекта зависит от качества проведения ЭЭ [6 – 13]. В данной статье предлагается рассмотреть информационно-аналитическую систему (ИАС), реализующую разработанный и предлагаемый к использованию авторами алгоритм оценки качества ЭЭ объектов агропромышленного комплекса.

Постановка задачи. Теория нечетких множеств дает возможность описывать нечеткие понятия, оперировать ими и делать нечеткие выводы. Нечеткие переменные оказываются особенно эффективными, если технологические процессы слишком сложны для анализа с помощью методов традиционной математики или когда информация об объекте исследования представляется качественно, неточно, неопределенно. Поэтому, именно инструменты нечеткой математики целесообразно применять для реализации алгоритмов оценки качества ЭЭ.

В процессе использования данных алгоритмов происходит обработка огромного количества информации как поступающей от экспертов, так и являющейся промежуточными результатами вычислений. В связи с этим, разработанные алгоритмы необходимо реализовать в виде ИАС. ИАС позволит экспертам вносить результаты экспертиз удаленно, не проводить ручных расчетов, по итогам работы получать конечные материалы в виде полных отчетов.

Теория. На начальном этапе для проведения оценки качества ЭЭ должна быть сформирована экспертная группа, в состав которой должны входить высококвалифицированные в данной области специалисты, имеющие высокий уровень доверия как со стороны организаторов экспертизы, так и внутри коллектива. Для этих целей предлагается использовать алгоритм формирования экспертной комиссии, основанный на нечеткой логике и подробно описанный в работах [1 – 3].

Далее проводится вычисление коэффициентов важности мнений экспертов с помощью метода взаимных оценок экспертов [4]. Такие коэффициенты позволяют придать больший вес мнениям более квали-

фицированных членов комиссии при расчетах оценки качества ЭЭ. Затем комиссией разрабатывается опросник для проведения тестирования. Он должен содержать разделы, являющиеся критериями качества ЭЭ, по каждому из законодательных актов, регламентирующих не только проведение данной экспертизы, но и специфику деятельности рассматриваемого объекта агропромышленного комплекса. Для опросника составляется матрица парных сравнений, рассчитываются коэффициенты важности каждого критерия качества, и по нему осуществляют тестирование проверяющих экспертов. По результатам тестирования с помощью нечетких математических моделей с балльной и лингвистической шкалами вычисляется нечеткий терм. Он соответствует совокупному мнению экспертов о качестве ЭЭ, проведенной в отношении данного объекта.

Затем оценивается корректность границ санитарно-защитной зоны объекта экспертизы, которая сопоставляется с результатами обработки тестов и определяется результирующая оценка качества ЭЭ. Математические выкладки по данному алгоритму подробно приведены в работах [4, 5].

С целью автоматизации описанного алгоритма была разработана ИАС «Автоматизированная система оценки качества экологических экспертиз». После занесения в данную систему опросника для конкретного объекта экспертизы она позволяет проводить тестирование экспертов независимо от их места нахождения при наличии соответствующих каналов связи. Такое тестирование значительно облегчает и удешевляет проведение оценки качества ЭЭ. По результатам тестирования экспертов и проведенных лабораторных анализов ИАС проводит расчет оценки качества ЭЭ объекта агропромышленного комплекса.

Предлагаемая ИАС позволяет одновременно проводить оценку качества неограниченного количества экспертиз на любом этапе их проведения, а также выполнять более локальные задачи, являющиеся частью алгоритма по проведению оценки качества экологической экспертизы, например, оценку квалификации специалиста или экспертной группы в данной области. На данную ИАС получено свидетельство о государственной регистрации программного обеспечения [14].

Результаты экспериментов. Предлагаемый алгоритм оценки качества ЭЭ и разработанная на его основе ИАС были протестированы на нескольких объектах агропромышленного комплекса Алтайского края: маслозавод; заводе по переработке зерновой сельскохозяйственной продукции.

Базовое терм-множество лингвистической переменной «качество ЭЭ» было определено семью нечеткими термами: $T = \{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7\}$ = {«очень низкое качество», «низкое качество», «среднее качество», «неизменное качество», «нормальное качество», «высокое качество», «очень высокое качество»}. Опросник для проведения тестирования экспертов включил в себя 14 укрупненных критериев качества экологической экспертизы. По результатам тестирования был получен лингвистический терм «нормальное качество» при удовлетворительной согласованности мнений экспертов.

Далее была проведена оценка корректности границ санитарно-защитной зоны объектов агропромышленного комплекса, которая выявила, что деятельность исследуемых объектов не нарушает экологическую безопасность окружающей их территории. Показатели корректности санитарно-защитной зоны объектов получили в соответствие термы «нормальное качество» и «высокое качество», отражающие корректность границ санитарно-защитной зоны объекта, для возможности сопоставления данного результата с лингвистическим термом, полученным по итогам опроса экспертной комиссии. При вычислении результирующих термов, характеризующих качество экспертизы, были получены соответственно термы «нормальное качество» и «высокое качество».

В связи с получением описанных выше оценок качества проведения экспертизы объектов были проведены анализы результатов тестирования экспертов, которые позволили выявить критерии качества экспертизы, которые, по мнению экспертной комиссии, были соблюдены.

Выводы и заключение. Проведенный эксперимент позволяет сделать выводы о применимости и эффективности разработанного алгоритма и ИАС для обеспечения ЭЭ объектов агропромышленного комплекса. Использование ИАС позволяет осуществить следующие мероприятия:

- прогнозировать и снижать экологические риски;
- предотвращать ошибки при проведении ЭЭ;
- выявлять и снижать негативные воздействия на окружающую среду, в ряде случаев ускорять их устранение;
- восстанавливать экологическое благополучие, тем самым повышать качество жизни населения, а также эффективность государственного финансирования в данной сфере;
- осуществлять поддержку принятия управленческих решений в области экологической безопасности при реализации объектов агропромышленного комплекса.

Список использованных источников

1. Зырянова, Е. В. Об оценке квалификации и профессиональной пригодности эксперта по экологической экспертизе / Е. В. Зырянова // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 3. – Электронный ресурс. – URL : http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-3/34-03-16.ttb.pdf.

2. Зырянова, Е. В. О подсистеме оценки квалификации экспертов в задаче автоматизации экологических экспертиз / Е. В. Зырянова, В. М. Белов, Д. Л. Косов // Ползуновский Вестник. – 2014. – № 2. – С. 142 – 145.

3. Зырянова, Е. В. Экологические экспертизы: оценка компетентности экспертов / Е. В. Зырянова, В. М. Белов, Е. В. Пивкин // Ползуновский Вестник. – 2013. – № 2. – С. 288–289.

4. Зырянова, Е. В. Об оценке качества экологической экспертизы / Е. В. Зырянова // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 4. – Электронный ресурс. – URL : http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-4/07-04-16.ttb.pdf.

5. Зырянова, Е. В. Экологические экспертизы: оценка качества на основе тестовых программ [Текст] / В. М. Белов, Е. В. Зырянова, Т. М. Пестунова // Информационные технологии в прикладных исследованиях : сб. науч. тр. – Н-ск : НГУЭУ, 2013. – Вып. 3. – С. 178 – 181.

6. Саушева, О. С. Диагностика состояния экологической безопасности Российской Федерации с позиции концепции рециклинга / О. С. Саушева // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2016. – Т. 8, № 5. – Электронный ресурс. – URL : http://naukovedenie.ru/PDF/70EVN516.pdf.

7. Глинский, В. В. Оценка экологической безопасности муниципальных образований региона: система показателей, методика расчета, применение / В. В. Глинский, Л. К. Серга, М. С. Хван // Идеи и идеалы. – 2015. – Т. 2, № 4(26). – С. 13 – 32.

8. Лобанова, Е. А. О формировании национальной системы экологических показателей / Е. А. Лобанова // Экологическая экспертиза. – 1999. – № 3. – Электронный ресурс. – URL : https://naukovedenie.ru/PDF/70EVN516.pdf

9. Гостева, С. Р. Экологическая безопасность и устойчивое развитие России [Текст] / С. Р. Гостева // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 3. – С. 704 – 718.

10. Кодолова, А. В. Экологическая безопасность: понятие и структура [Текст] / А. В. Кодолова // Вестн. Удмурт. ун-та. Серия Экономика и право. – 2005. – № 6–1. – С. 150 – 158.

11. Попов, А. С. Экологическая безопасность Российской Федерации как составляющая национальной безопасности [Текст] / А. С. Попов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: История. Политология. Социология. – 2010. – № 2. – С. 152 – 154.

12. Сугак, Е. В. Информационные технологии оценки экологической безопасности [Текст] / Е. В. Сугак, Е. В. Кузнецов, А. Г. Назаров // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – Т. 18, № 12. – С. 39 – 45.

13. Тронин, А. А. Дистанционные методы при решении задач экологической безопасности [Текст] / А. А. Тронин // Современные проблемы зондирования Земли и космоса. – 2013. – Т. 10, № 1. – С. 238 – 245.

14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015612131. Автоматизированная система оценки качества экологических экспертиз (АСОКЭЭ) / Зырянова Е. В., Белов В. М., Индюшкин И. В. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет им. И. И. Ползунова» (RU). – № 2014662976 ; заявл. 15.12.2014 ; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 13.02.2015.

References

1. Zyryanova, E. V. On the assessment of the qualifications and professional suitability of an expert on ecological expertise / E. V. Zyryanova // Technologies of technosphere safety. – 2016. – №. 3. – Electronic resource. – URL : http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-3/34-03-16.ttb.pdf.

2. Zyryanova, E. V. On the subsystem for assessing the qualifications of experts in the task of automating environmental expertise / E. V. Zyryanova, V. M. Belov, D. L. Kosov // Polzunovsky Bulletin. – 2014. – №. 2. – S. 142 – 145.

3. Zyryanova, E. V. Environmental expertise: assessment of the competence of experts / E. V. Zyryanova, V. M. Belov, E. V. Pivkin // Polzunovsky Bulletin. – 2013. – №. 2. – S. 288–289.

4. Zyryanova, E. V. On the assessment of the quality of ecological expertise / E. V. Zyryanova // Technologies of technosphere safety. – 2016. – №. 4. – Electronic resource. – URL : http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-4/07-04-16.ttb.pdf.

5. Zyryanova, E. V. Environmental expertise: quality assessment based on test programs [Text] / V. M. Belov, E. V. Zyryanova, T. M. Pestunova // Information technologies in applied research: Sat. scientific. labor. – Issue 3. – N-sk: NSUEU, 2013. – S. 178 – 181.

6. Sausheva, O. S. Diagnostics of the state of ecological safety of the Russian Federation from the point of view of the recycling concept / O. S. Sausheva // Internet-journal “Science”. – 2016. – V. 8, № 5. – Electronic resource. – URL : http://naukovedenie.ru/PDF/70EVN516.pdf.

7. Glinsky, V. V. Assessment of the ecological safety of municipalities in the region: a system of indicators, calculation methods, application / V. V. Glinsky, L. K. Serga, M. S. Hwang // Ideas and ideals. – 2015. – V. 2, № 4(26). – S. 13 – 32.

8. Lobanova, E. A. On the formation of a national system of environmental indicators / E. A. Lobanova // Ecological expertise. – 1999. – № 3. – Electronic resource. – URL : https://naukovedenie.ru/PDF/70EVN516.pdf.

9. Gosteva, S. R. Environmental safety and sustainable development of Russia [Text] / S. R. Gosteva // Vestn. TSTU. – 2010. – V. 16, № 3. – P. 704 – 718.

10. Kodolova, A. V. Environmental safety: concept and structure [Text] / A. V. Kodolova // Vestn. Udmurt. University. Series Economics and Law. – 2005. – № 6–1. – S. 150 – 158.

11. Popov, A. S. Environmental security of the Russian Federation as a component of national security [Text] / A. S. Popov // Vestn. Voronezh. state un-that. Series: History. Political science. Sociology. – 2010. – № 2. – P. 152 – 154.

12. Sugak, E. V. Information technologies for assessing environmental safety [Text] / E. V. Sugak, E. V. Kuznetsov, A. G. Nazarov // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2009. – V. 18, № 12. – P. 39 – 45.

13. Tronin, A. A. Remote methods for solving problems of ecological safety [Text] / A. A. Tronin // Modern problems of Earth and space sounding. – 2013. – V. 10, № 1. – P. 238 – 245.

14. Certificate of state registration of a computer program № 2015612131 Automated system for assessing the quality of environmental examinations (ASOCEE) / Zyryanova E. V., Belov V. M., Indyushkin I. V. ; applicant and patentee of the “Altai state University. I. I. Polzunova” (RU) – № 2014662976 ; declared on 15.12.2014 ; registered in registry of computer programs 13.02.2015.

УДК 637.146

О. В. Зюзина, В. В. Машук, У. В. Ланцова
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: zyuzina-57@mail.ru, anchery444@gmail.com;
ТОГАПОУ «Многопрофильный колледж им. И. Т. Карасева», Тамбов, Россия,
e-mail: ulyanavalerievna@gmail.com)

ЭВРИСТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА СКВАШИВАНИЯ

Аннотация. Приведены данные двухфакторного эксперимента по установлению влияния активности закваски на продолжительность сквашивания молока и на динамику изменения кислотности сгустка. Описаны подходы к разработке математической модели процесса сквашивания.

Ключевые слова: математическое моделирование, процесс сквашивания, кинетическая зависимость.

O. V. Zyuzina, V. V. Mashuk, U. V. Lantsova
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia;
TRSAPEI «Multidisciplinary College name of I. T. Karaseva», Tambov, Russia)

HEURISTIC FUNCTION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE FERMENTATION PROCESS

Abstract. The article presents data from a two-factor experiment to determine the effect of ferment activity on the duration of fermentation of milk and on the dynamics of changes in the acidity of the clot. The optimal fermentation time is set.

Keywords: mathematical modeling, kinetic dependence, fermentation process.

При изготовлении ферментированных молочных продуктов главенствующая роль в формировании свойств сгустка принадлежит биохимическим реакциям и физико-химическим процессам, течение которых зависит как от химического состава, так и от кислотности молочной среды, и может рассматриваться в проекции нанобиотехнологии.

Используя информацию о закономерностях химических преобразований с веществами молока, приводящих к изменению агрегатного состояния и формированию новых структурных свойств сгустка при сквашивании, можно разработать систему моделей и применить их для управления качеством. Актуальность решения такого рода задач заключается в возможности своевременного обнаружения нарушений

критических пределов в технологии и последующей реализации соответствующих предупредительных или корректирующих воздействий, что позволит избежать возникновения дефектов – дряблого сгустка, излишней кислотности, отделения сыворотки.

Переход молока в кисломолочный продукт представляет собой комплекс взаимосвязанных между собой явлений.

Биологические и химические явления происходят на первом этапе глубокого превращения молочного сахара под действием ферментных систем клеток молочнокислых микроорганизмов, что принято называть молочнокислым брожением. Молочнокислое брожение начинается с гидролитического расщепления лактозы на глюкозу и галактозу под влиянием фермента β-галактозидазы. Скорость гидролиза лактозы может рассматриваться как лимитирующий фактор накопления молочной кислоты, который зависит от количества клеток бактерий и их биологической активности в них фермента.

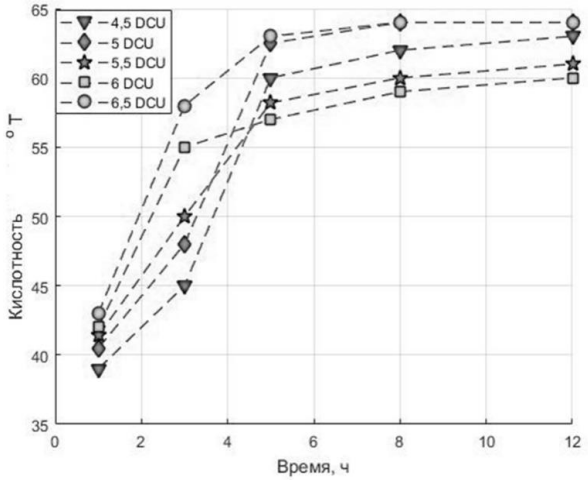
$$Р_К = \int (РМ, РС).$$

На втором этапе образование молочной кислоты приводит к изменению электрохимического потенциала среды, вызывающего кислотную коагуляцию казеина и гелеобразование. Эти явления сопровождают переход коллоидной системы молока из свободнодисперсного состояния в связнодисперсное [1].

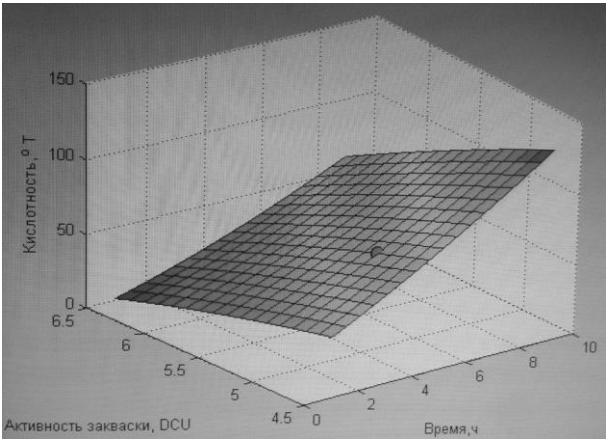
При выстраивании модели необходимо учитывать физиологические особенности микроорганизмов, которые в зависимости от системы биологических катализаторов принадлежат либо к группе гомоферментативных, либо к гетероферментативным молочнокислым бактериям.

Для установления зависимости кислотности сгустка во времени от активности закваски и накопления массива данных, необходимых для построения модели, выполнен двухфакторный эксперимент, в ходе которого устанавливали влияние активности закваски (x1) на продолжительность сквашивания молока (x2) и изменение кислотности сгустка (y). На рисунке 1, *а* приведены кинетические кривые зависимости кислотности (y) молочной среды от активности закваски – вариабильной величины, изменяющейся пределах от 4,5 до 6,5 DCU.

При разработке математической модели процесса сквашивания молока был принят ряд допущений: равномерное температурное поле по объему молочной смеси; пренебрежение тепловыми потерями; сквашивание протекает в интервале pH 5,4…5,8; активность всех клеток закваски одинакова.



а)



б)

Рис. 1. Результаты эксперимента и обработки полученных данных:
а – изменение кислотности сгустка; *б* – поверхность отклика

Форма связи между управляющими переменными и параметрами состояния опытных образцов устанавливалась путем построения и анализа эмпирических линий регрессии. Для построения математиче-

ской модели процесса используем нелинейную регрессию для определения одной переменной (кислотность), контролируемой на выходе, от двух независимых входных переменных (активность закваски и температура сквашивания) [1].

Уравнение нелинейной регрессии кинетической зависимости кислотности сгустка от активности закваски имеет вид:

$$Z = 63{,}28 + 19{,}08x + 2{,}06y – 2{,}17xy + 0{,}23x^2 – 1{,}92y^2.$$

Полученные данные обрабатывались с использованием нейронно-сетевой модели средствами MatLab (рис. 1, *б*). Построена поверхность отклика влияния исходного значения активности закваски и времени процесса на величину кислотности сгустка. Установлено, что приемлемое время сквашивания 4,5 часа, поскольку за этот период времени накапливается наибольшее количество молочной кислоты, затем процесс замедляется, а также, что самая оптимальная активность закваски – 5, поскольку происходит наибольшее накопление молочной кислоты, большее количество более затратное и необоснованное.

Список использованных источников

1. Горбатова, К. К. Химия и физика молока : учебник / К. К. Горбатова, П. И. Гунькова. – СПб. : ГИОРД, 2012. – 336 с.

2. Компьютерное моделирование биотехнологических процессов и систем : учебное пособие / Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий, Е. И. Муратова, А. А. Ермаков // Компьютерное моделирование биотехнологических процессов и систем. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2005. – 80 с.

References

1. Gorbatova, K. K. Chemistry and physics of milk : a tutorial / K. K. Gorbatova, P. I. Gun'kova. – Saint Petersburg : GIORD, 2012. – 336 p.

2. Computer modeling of biotechnological processes and systems : Textbook / D. S. Dvoretsky, S. I. Dvoretsky, E. I. Muratova, A. A. Ermakov // Computer modeling of biotechnological processes and systems. – Tambov : TSTU Publishing house, 2005. – 80 p.

УДК 681.5

И. В. Дидрих[1], В. Е. Дидрих[2],
М. А. Ивановский[1], А. А. Провоторов[1]
[1] (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Информационные системы и защита информации»,
Тамбов, Россия, e-mail: didr-irina@yandex.ru,
ivanovskiy_62@mail.ru, blat-altema@yandex.ru);
[2] (АО «Тамбовский завод «Октябрь», Тамбов, Россия, dve54@mail.ru)

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МЯГКОГО РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ С ГЕТЕРОГЕННЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

Аннотация. Рассмотрен подход к построению аналитической модели задачи планирования энергосберегающего управления.

Ключевые слова: аналитическая модель, энергосберегающее управление, сетецентрическая информационная система.

I. V. Didrikh[1], V. E. Didrikh[2],
M. A. Ivanovsky[1], A. A. Provotorov[1]
[1] (Tambov State Technical University, Department “Information Systems and Information Security”, Tambov, Russia);
[2] (JSC “Tambov plant “October”, Tambov, Russia)

ANALYTICAL MODEL OF THE ENERGY SAVING MANAGEMENT PLANNING PROBLEM FOR NETWORK CENTRIC SOFT REAL TIME INFORMATION SYSTEMS WITH HETEROGENEOUS EXECUTIVE SYSTEMS

Abstract. An approach to the construction of an analytical model of the problem of planning energy-saving management is Considered.

Keywords: analytical model, energy-saving management, network-centric information system.

Для задачи планирования энергосберегающего управления при использовании сетецентрической информационной системы мягкого реального времени зададим исходные данные [1 – 3]:

- Π – множество всех точек;

- $A_{П}(p)$ – набор свойств точки, где p обозначает конкретную точку; компоненты этого вектора следующие:

$A_{П}(p).P$ – заказанная для точки p мощность,

$A_{П}(p).T$ – тариф, по которому точке отпускается энергия,

$A_{П}(p).V$ – требуемое точке напряжение,

$A_{П}(p).x$, $A_{П}(p).y$, $A_{П}(p).z$ – координаты точки;

- $Э$ – множество всех электростанций;
- $A_{Э}(e)$ – набор свойств электростанции, где e обозначает конкретную электростанцию; компоненты у него следующие:

$A_{Э}(e).P$ – предел выходной мощности электростанции,

$A_{Э}(e).V$ – напряжение, на котором станция выпускает электроэнергию.

Проектировщик сети может изменять количество используемых подстанций и линий электропередач, а также их свойства.

Характеристики объектов эксплуатации:

- T – множество трансформаторных подстанций;
- $A_{T}(s)$ – набор свойств подстанции s

где $A_{T}(s).P$ – предельная пропускаемая подстанцией мощность,

$A_{T}(s).V_i$ – входное напряжение для подстанции,

$A_{T}(s).V_o$ – выходное напряжение для подстанции,

$A_{T}(s).C$ – стоимость строительства подстанции,

$A_{T}(s).M$ – эксплуатационные расходы подстанции s,

$A_{T}(s).x$, $A_{T}(s).y$, $A_{T}(s).z$ – координаты подстанции;

- L – множество линий электропередач;
- $A_{L}(l)$ – набор свойств конкретной линии электропередач, обозначаемой здесь символом l; его компоненты таковы:

$A_{L}(l).P$ – предельная пропускаемая линией мощность,

$A_{L}(l).p$ – фактически пропускаемая линией мощность,

$A_{L}(l).V$ – напряжение, на котором работает линия,

$A_{L}(l).C$ – удельная стоимость строительства линии,

$A_{L}(l).D$ – длина линии,

$A_{L}(l).M$ – удельные эксплуатационные расходы линии l.

Заведомо должны соблюдаться следующие условия, которые будут называться условиями целостности сети. Равенство напряжения, на котором отпускает энергию электростанция *e*, напряжению, на котором должна работать линия передач *l*:

$$\forall e \in Э \quad \forall l \in L_Э(e) \quad A_Э(e).V = A_L(l).V\,, \tag{1}$$

где $L_Э(e)$ – множество всех линий электропередач, подсоединенных к электростанции *e*.

Для любой электростанции *e* требуется, чтобы суммарная мощность, проходящая по присоединенным к *e* линиям передач, была ниже предела выходной мощности *e*:

$$\forall e \in Э \quad \sum_{l \in L_Э(e)} A_L(l).p \le A_Э(e).P\,, \tag{2}$$

где $L_{iT}(s)$ и $L_{oT}(s)$ – множество всех линий электропередач, подсоединенных к подстанции *s* на вход и на выход соответственно. Тогда: для всякой линии электропередач *l*, подсоединенной на вход (выход) подстанции *s*, должны совпадать рабочее напряжение линии *l* и напряжение на входе (выходе) подстанции *s*:

$$\begin{gathered}\forall s \in T \quad \forall l \in L_{iT}(s) \quad A_T(s).V_i = A_L(l).V\,,\\ \forall l \in L_{oT}(s) \quad A_T(s).V_o = A_L(l).V\,.\end{gathered} \tag{3}$$

Подстанции не должны перегружаться; это значит, что для любой подстанции *s* суммарная входящая и суммарная выходящая мощности не должны превышать предельную пропускаемую подстанцией *s* мощность

$$\forall s \in T \quad \sum_{l \in L_{iT}(s)} A_L(l).p \le A_T(s).P\,, \quad \sum_{l \in L_{oiT}(s)} A_L(l).p \le A_T(s).P\,. \tag{4}$$

Никакая линия электропередач не должна быть перегружена, то есть мощность, передаваемая по линии передачи, не может превышать максимально допустимую мощность для линии:

$$\forall l \in L \quad A_L(l).p \le A_L(l).P\,. \tag{5}$$

Необходимо, чтобы всякой точке была обеспечена заказанная для нее мощность; пусть символ $L_П(p)$ обозначает все линии электропередач, подсоединенных к потребителю *p*:

$$\forall p \in \Pi \quad A_{\Pi}(p).P \le \sum_{l \in L_{\Pi}(p)} A_L(l).p\,,$$

$$\forall p \in \Pi \quad \forall l \in L_{\Pi}(p) \quad A_{\Pi}(p).V = A_L(l).V\,. \qquad (6)$$

Стоимость потребленной точкой электроэнергии – это интеграл по времени работы сбытовой сети поставляемой точке мощности, умноженной на тариф, по которому точке поставляется электроэнергия

$$\sum_{p \in \Pi} \int_{t_0}^{t_1} A_{\Pi}(p).P(t) \cdot A_{\Pi}(p).T(t)\,dt\,. \qquad (7)$$

Расходы на строительство линий электропередач – это сумма по всем линиям произведения их длины на стоимость строительства одной единицы длины линии

$$\sum_{l \in L} A_L(l).C \cdot A_L(l).D\,. \qquad (8)$$

Расходы на строительство подстанций – это сумма по всем подстанциям стоимостей их строительства

$$\sum_{s \in T} A_T(s).C\,. \qquad (9)$$

Эксплуатация линий электропередач обойдется в сумму, равную сумме по всем линиям передач эксплуатационных расходов по каждой линии. Расход по конкретной линии передач – это интеграл по времени работы сбытовой сети от эксплуатационных расходов на единицу длины линии (эксплуатационные расходы считаются зависящими от времени из-за смены условий эксплуатации, например, по причине смены погоды). Выражение имеет вид

$$\sum_{l \in L} A_L(l).D \cdot \int_{t_0}^{t_1} A_L(l).M(t)\,dt\,. \qquad (10)$$

Эксплуатация подстанций обойдется в сумму, равную сумме по всем подстанциям полной стоимости эксплуатации, которая вычисляется как интеграл по времени работы эксплуатационных расходов на подстанцию:

$$\sum_{s \in T} \int_{t_0}^{t_1} A_T(s).M(t)\,dt\,. \qquad (11)$$

Итак, показатель эффективности, соответствующий доходности системы, имеет вид:

$$K_1(\Gamma)=\sum_{p\in\Pi}\int_{t_0}^{t_1} A_{\Pi}(p).P(t)\cdot A_{\Pi}(p).T(t)\,dt - \\ -\sum_{l\in L}\int_{t_0}^{t_1} A_L(l).D(t)\cdot A_L(l).M(t)\,dt-\sum_{s\in T}\int_{t_0}^{t_1} A_T(s).M(t)\,dt. \qquad (12)$$

Полученное соотношение для показателя эффективности может быть использовано при планировании энергосберегающего управления.

Список использованных источников

1. Анализ и синтез структур информационных целенаправленных систем : монография / Ю. Ю. Громов. М. А. Ивановский, О. Г. Иванова, А. В. Яковлев ; под общ. ред. Ю. Ю. Громова. – Саарбрюкен (Германия) : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 164 с. ISBN 978-3-659-37502-6

2. Интегрированные системы управления на основе сетецентрических структур. Энергоуправление : монография / Ю. Ю. Громов, В. Е. Дидрих, М. А. Ивановский, О. Г. Иванова, А. В. Яковлев ; под общ. ред. Ю. Ю. Громова. – Саарбрюкен (Германия) : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 231 с. – ISBN 978-3-659-82470-8.

References

1. Analysis and synthesis of structures of information purposeful systems : monograph / Yu. Yu. Gromov, M. A. Ivanovsky, O. G. Ivanova, A. V. Yakovlev ; under the General ed. Yu. Yu. Gromova. – Saarbrücken (Germany) : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 164 p. ISBN 978-3-659-37502-6

2. Integrated control systems based on network-centric structures. Energy management : monograph / Yu. Yu. Gromov, V. E. Didrikh, M. A. Ivanovsky, O. G. Ivanova, A. V. Yakovlev ; under the General ed. Yu. Yu. Gromova. – Saarbrücken (Germany) : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 231 p. – ISBN 978-3-659-82470-8.

УДК 631.319.4

А. И. Кадомцев, С. М. Ведищев, А. Г. Павлов,
А. В. Прохоров, С. В. Прохоров
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Агроинженерия», Тамбов, Россия,
e-mail: msh@mail.nnn.tstu.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ В МАЛЫХ ФОРМАХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

Аннотация. Рассмотрен подход к определению скорости перемещения предлагаемой конструкции измельчителя сидеральных культур, обоснована взаимосвязь между скоростью перемещения измельчителя и частотой вращения измельчающих роторов и количеством ножей в зависимости от требуемой степени измельчения.

Ключевые слова: измельчитель сидеральных культур, скорость перемещения, степень измельчения, количество ножей.

A. I. Kadomtsev, S. M. Vedishchev, A. G. Pavlov,
A. V. Prokhorov, S. V. Prokhorov
(Tambov State Technical University, Department of Agroengineering,
Tambov, Russia)

MODELING OF TECHNICAL SYSTEMS FOR RESTORING AND MAINTAINING SOIL FERTILITY IN SMALL FARMS

Abstract. The approach to the determination of the velocity of the proposed design of the chipper green manure crops, and justifies the relationship between the speed of chopper and chopping frequency of rotation of the rotors and the amount of the payment depending on the desired grinding degree

Keywords: shredder of sideral crops, the speed of movement, the degree of grinding, the number of knives.

В настоящее время на наш взгляд наиболее перспективной технологией уборки и заделки сидеральных культур для поддержания плодородия почв в связи с отсутствием в необходимом количестве органических удобрений получаемых при содержании животных [1 – 3] является измельчение растительной массы и ее предварительная заделка комбинированным агрегатом (измельчитель сидеральных культур, трактор, дисковая навесная борона).

Измельчитель сидеральных культур (см. рис. 1) [4, 5] работает следующим образом. При поступательном движении трактора с измельчителем стебли растений передней частью отклоненного назад корпуса *1* пригибаются вперед по ходу движения, за счет корытообразной формы корпуса *1* формируются в массив наклоненных вперед растений и попадают в зону измельчения с углом наклона стеблей в этом массиве, близким к углу наклона корпуса *1*. В зоне измельчения стебли растений попадают под воздействие ножей *5*, вращающихся в плоскостях, перпендикулярных продольной поверхности корпуса *1*. Таким образом, обеспечивается самый рациональный способ резания – поперек стеблей с минимальной площадью резания. Конструкция задней съемной части *8* корпуса *1* со стойками *9* и жестко прикрепленными к ним втулками *10* позволяет быстро проводить снятие и установку режущих ножей *5* и не препятствует прохождению измельченных частиц.

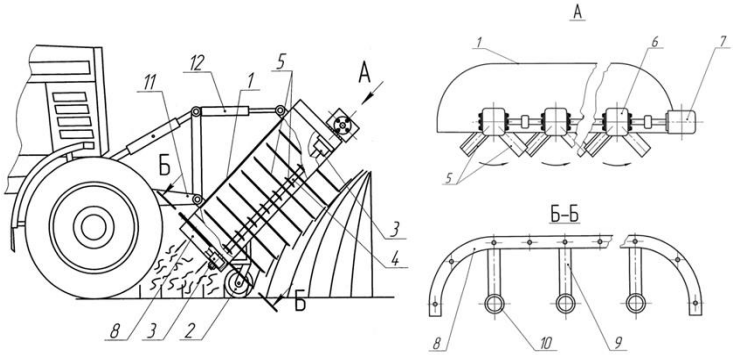


Рис. 1. Схема измельчителя сидеральных культур

Моделирование работы измельчителя сидеральных культур при следующих исходных данных: скорость $\upsilon_н = 16$ м/с [6] (критическая скорость резания); $\Delta t = 0{,}01$ с (расчетные данные, $\frac{\Delta S}{\upsilon_н}$); – $EI = 10$ кПа [7]; – $m_с = 0{,}1$ кг [13]; $f_{тр} = 0{,}55$ (справочные данные); – $r_р = 0{,}15$ м (экспериментальные данные); $m_н^{пр} = 4$ кг (экспериментальные данные); $l_ч = 0{,}07$ м (агротребования).

Фактически необходимая скорость резания $\upsilon_ф$ определяется по выражению, полученному в результате преобразования в соответствии с законом теоретической механики, соотношения действующих сил и

суммарного усилия сопротивления резанию для предлагаемой конструкции измельчителя сидеральных культур:

$$\upsilon_{ф} = \frac{3\upsilon_{н}\Delta t^{2} EI}{m_{н}^{пр} l_{ч}^{3} + m_{с}\left(\upsilon_{н} + \upsilon_{н}^{2} f_{тр} \dfrac{\Delta t}{r_{р}}\right)}. \quad (1)$$

Подставив исходные данные получим численные значения:

$$\upsilon_{ф} = \frac{3 \cdot 16 \cdot (0{,}01)^{2} \cdot 10}{4 \cdot (0{,}07)^{3} + 0{,}1 \cdot \left(16 + 16^{2} \cdot 0{,}55 \cdot \dfrac{0{,}01}{0{,}15}\right)} = 42{,}54 \text{ м/с}.$$

В рекомендациях Е. С. Босого [6] утверждается, что рабочая скорость резания должна быть в пределах $\upsilon_{раб} = (3\ldots5)\,\upsilon_{н}$ и это в полной мере соответствует проведенным выше расчетам.

Фактически необходимая частота вращения ножевого ротора может быть подсчитана по следующей формуле:

$$n_{р} = \frac{\upsilon_{ф}}{2\pi r_{р}}. \quad (2)$$

Подставив численные значения получаем:

$$n_{ф} = \frac{42{,}54}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}15} = 45{,}2 \text{ об/с} = 2552 \text{ об/мин}.$$

При наличии одного ножа в каждом ярусе измельчающего ротора взаимосвязь между скоростью движения измельчителя $V_{м}$ и частотой вращения этого ротора выражается следующей формулой:

$$V_{м} = \frac{l_{ч} \cos\alpha n_{ф} \cdot 60 \cdot Z}{1000}, \quad (3)$$

где $V_{м}$ – скорость движения косилки, км/ч; $l_{ч}$ – длина отрезанных частиц, м (по агротехническим требованиям 30…70 мм); $n_{ф}$ – частота вращения ротора, об/мин; Z – количество ножей в каждом ножевом роторе, шт.

Для предлагаемой конструкции косилки скорость движения $V_{м}$ может быть достигнута при $Z = 1$:

$$V_{\text{м}} = \frac{0{,}07 \cdot 0{,}707 \cdot 2600 \cdot 60 \cdot 1}{1000} = 7{,}72 \text{ км/ч.}$$

Таким образом, при уменьшении измельчаемых частиц $l_{\text{ч}}$ и при сохранении заданной скорости движения $V_{\text{м}}$, количество ножей в каждом роторе должно быть больше 1 (Z > 1). С целью увеличения скорости движения $V_{\text{м}}$ при уменьшении $l_{\text{ч}}$ (до $l_{\text{ч}}$ < 0,03 м) необходимо увеличить количество ножей в каждом ярусе ротора или количество ярусов.

При проведении испытаний экспериментального образца измельчителя было установлено, что на качество работы существенное влияние оказывает угол отклонения корпуса α.

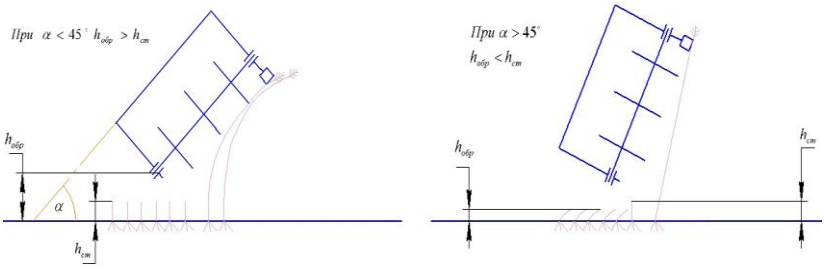


Рис. 2. Схема для определения угла наклона корпуса:
$h_{\text{ст}}$ – высота стерни; $h_{\text{обр}}$ – расстояние от заднего нижнего обреза корпуса косилки до земли; α – угол наклона косилки

С увеличением угла α необходимо опускать корпус косилки для того, чтобы обеспечить требуемую высоту стерни, а это приводит к уменьшению величины $h_{\text{обр}}$, т.е. уменьшается зазор между корпусом и поверхностью земли. При α > 50° происходит сдвиг скошенной массы (эффект бульдозера), а при уменьшении α < 20…25° увеличивается количество примятой нескошенной массы. Таким образом, нормальной работе косилки соответствует угол наклона корпуса α = 30…45°.

Список использованных источников

1. Толмачев, Н. И. Эффективность использования сидератов в севообороте в зависимости от способов основной обработки почвы и минеральных удобрений: дис. … канд. с.-х. наук / Н. И. Толмачев. – Йошкар-Ола, 2017. – 211 с.

2. Загородникова, Т. Е. Тамбовская область в цифрах. 2019 : краткий статистический сборник / Т. Е. Загородникова, Н. Д. Савельева, Е. Г. Мещерякова // Тамбовстат. – 2019. – Т. 17. – 70 с.

3. Орехов, Г. И. Технологическая схема почвообрабатывающего орудия для заделки сидерата / Г. И. Орехов, А. А. Цыбань // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – № 3(43). – С. 191 – 199.

4. Пат. RU 2551569C1. Косилка-измельчитель сидеральных культур / Курочкин И. М., Кадомцев А. И. – № 2014103380, заявлено 31.01.2014 ; опубл. 27.05.2015, Бюл. № 15.

5. Курочкин, И. М. Косилка-измельчитель сидеральных культур с наклонными роторами / И. М. Курочкин, А. И. Кадомцев // Сельский механизатор. – 2016. – № 6. – С. 40.

6. Босой, Е. С. Режущие аппараты уборочных машин. Теория и расчет / Е. С. Босой. – М. : Машиностроение, 1967. – 167 с.

7. Механико-технологические свойства стеблей с.-х. культур. Приборы и методы их изучения [Электронный ресурс]. – URL : menanik-ua.ru. Механизмы и технологии (дата обращения: 05.10.2017).

References

1. Tolmachev, N. I. Efficiency of using siderates in crop rotation depending on the methods of basic soil treatment and mineral fertilizers : dis. ... candidate of agriculture Sciences / N. I. Tolmachev. – Yoshkar-Ola, 2017. – 211 p.

2. Zagorodnikova, T. E. Tambov region in numbers. 2019 : Summary of statistics / T. E. Zagorodnikova, N. D. Saveleva, E. G. Meshcheryakova // Tambovstat. – 2019. – T. 17. – 70 p.

3. Orekhov, G. I. Technological scheme of pochvoobrabat-vayushchego tools for sealing siderata / G. I. Orekhov, A. A. Tsyban // Far Eastern agricultural Bulletin. – 2017. – № 3(43). – P. 191 – 199.

4. Pat. RU 2551569C1. Mower-shredder of sideral crops / Kurochkin I. M., Kadomtsev A. I. – № 2014103380, declared 31.01.2014 ; publ. 27.05.2015, Bul. № 15.

5. Kurochkin, I. M. Mower-shredder of sideral crops with inclined rotors / I. M. Kurochkin, A. I. Kadomtsev // Rural mechanizer. – 2016. – № 6. – P. 40.

6. Bosoy, E. S. Cutting devices of harvesting machines. Theory and calculation / E. S. Bosoy. – M. : Mechanical engineering, 1967. – 167 s.

7. Mechanical and technological properties of stems of S. H. cultures. Devices and methods of their study [Electronic resource]. – URL : menanik-ua.ru. Mechanisms and technologies (Accessed: 05.10.2017).

УДК 631.636.7

А. А. Кажияхметова[1], А. И. Завражнов[2,3],
С. М. Ведищев[2], А. В. Прохоров[2], М. Е. Выгузов[2]
[1] (Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, Уральск, Казахстан, e-mail: aiioka@mail.ru);
[2] (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: aiz@mgau.ru, serg666_65@mail.ru, pav1981@bk.ru, ele-vigozova@mail.ru);
[3] (ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Мичуринск, Россия)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ В ШНЕКОВОМ СМЕСИТЕЛЕ С АКТИВНЫМ КАНАЛОМ ОБРАТНОГО ХОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация. Приведена конструктивно-технологическая схема шнекового смесителя с активным каналом обратного хода. Получены выражения определения производительности транспортирующего и возвратного шнеков смесителя от их конструктивно-режимных параметров и физико-механических свойств комовой смеси.

Ключевые слова: возвратный шнек, заслонка, подача, смеситель, транспортирующий шнек, циркулирование.

A. A. Kazhiyahmetova[1], A. I. Zavrazhnov[2,3],
S. M. Vedishchev[2], A. V. Prohorov[2], M. E. Vyguzov[2]
[1] (West-Kazakhstan Innovative-technological University, Uralsk, Kazakhstan);
[2] (Tambov State Technical University, Tambov, Russia);
[3] (Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia)

SIMULATION OF THE MIXING PROCESS IN A SCREW MIXER WITH AN ACTIVE REVERSE FLOW CHANNEL TO PRODUCE ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MIXTURES

Abstract. The design and technological scheme of a screw mixer with an active reverse channel is given. Expressions for determining the productivity of the transporting and return augers of the mixer from their design and operating parameters and physical and mechanical properties of the lump mixture are obtained.

Keywords: return auger, flap, feed, mixer, transport auger, circulation.

Одними из важных характеристик смесителя является его производительность [1].

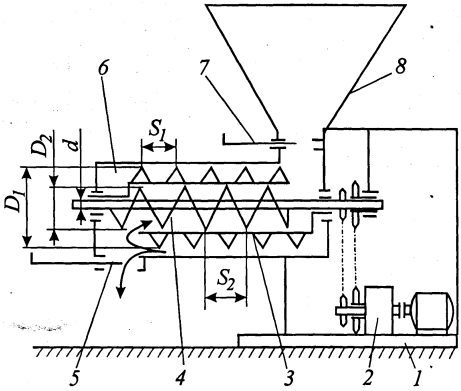


Рис. 1. Схема смесителя с активным каналом обратного хода:
1 – рама привода; *2* – привод шнека смесителя; *3* – шнек;
4 – канал обратного хода в виде шнека; *5* – выгрузная заслонка;
6 – кожух шнека; *7* – отсекающая заслонка; *8* – накопитель

Шнековый смеситель с каналом обратного хода (рис. 1) работает следующим образом. Компоненты кормовой смеси из накопителя *8* поступают на загрузочную часть транспортирующего шнека *3* через открытую отсекающую заслонку *7* и затем шнеком *3* перемешиваются и перемещаются в зону выгрузки. При полностью закрытой выгрузной заслонке *5* кормовые компоненты в зоне выгрузного окна захватываются шнеком *4* и перемешиваясь транспортируются в зону загрузочного части транспортирующего шнека *3*. После заполнения смесителя кормом отсекающая заслонка *7* закрывается. Циркулирование кормовой смеси продолжается до достижения показателей качества кормовой смеси в соответствии с зоотехническими требованиями. Затем открывается выгрузная заслонка *5*, и кормовая смесь транспортирующим шнеком *3* выгружается из смесителя, заслонка *5* закрывается, открывается загрузочная заслонка *7* и цикл приготовления смеси повторяется.

Подача шнеков подобрана таким образом, что при полностью закрытых заслонках *5* и *7* подачи шнеков *3* и *4* равны.

Подача транспортирующего шнека определяется по выражению [2, 3]:

$$Q_{\text{д}} = \frac{\pi(D_2^2 - D_1^2)}{4} S_1 n_1 \rho \varphi_{\text{зап}}, \qquad (1)$$

где D_2 – наружный диаметр транспортирующего шнека, м; D_1 – внутренний диаметр транспортирующего шнека, м; S_1 – шаг транспортирующего шнека, м; n_1 – частота вращения транспортирующего шнека, с$^{-1}$.

При полностью открытой выгрузной заслонке ($A_i = S_1$, м) вся кормовая смесь, подаваемая транспортирующим шнеком, выгружается из смесителя:

$$O_{oi} \le Q_д , \qquad (2)$$

где O_{oi} – подача кормовой смеси через выгрузное окно, кг/с.

При полностью закрытой выгрузной заслонке вся кормовая смесь, подаваемая транспортирующим шнеком, перемещается возвратным шнеком к загрузочной части транспортирующего шнека.

Подача возвратного шнека определится по выражению:

$$Q_{bi} = Q_д - Q_{oi} , \qquad (3)$$

где Q_{bi} – подача возвратного шнека, кг/с.

Подача возвратного шнека определяется по выражению [3]:

$$Q_{bi} = \frac{\pi(d_2^2 - d)}{4} S_b \rho n_{b2} \varphi_{bi} , \qquad (4)$$

где d_2 – наружный диаметр возвратного шнека, м; d – диаметр вала шнека, м; S_b – шаг витка возвратного шнека, м; n_b – частота вращения шнека, с$^{-1}$; φ_{bi} – коэффициент заполнения межвиткового пространства.

Коэффициент заполнения возвратного шнека (φ_{bi}) зависит от количества корма, которое необходимо транспортировать от выгрузного окна к зоне загрузки транспортирующего шнека. Количество этого корма определяется положением выгрузной заслонки и подачей транспортирующего шнека. Тогда выражение (3) можно записать:

$$\frac{\pi(d_2^2 - d^2)}{4} S_b n_{b2} \varphi_{bi} = \frac{\pi(D_2^2 - D_1^2)}{4} S_1 n_1 \rho \varphi_{зап} - D A_i \rho \lambda \sqrt{3{,}2 g \frac{D_2 A_i}{2(D_2 + A_i}} . \qquad (5)$$

Частота вращения возвратного шнека при полностью закрытой выгрузной заслонке ($A_i = 0$) должна обеспечивать подачу не менее, чем подача транспортирующего шнека. Частота вращения возвратного шнека из выражения (5) определится:

$$n_{b2} = \frac{(D_2^2 - D_1^2) S_1 n_1 \rho \varphi_{зап}}{(d_2^2 - d^2) S_b n_{b2} \varphi_{bi}} . \qquad (6)$$

Так как желоб, в котором размещен возвратный шнек, вращается с частотой вращения n_1, то необходимую подачу возвратного шнека можно обеспечить при меньшей частоте его вращения возвратного

шнека. С учетом этой поправки частота вращения возвратного шнека определится по формуле:

$$n_{b1} = n_{b2} - n_1 = n_1\left[\frac{(D_2^2 - D_1^2)S_1\varphi_{зап}}{(d_2^2 - d^2)S_b\varphi_{bi}} - 1\right], \quad (7)$$

где n_{b1} – действительная частота вращения возвратного шнека, с$^{-1}$; n_{b2} – относительная частота вращения корма, с$^{-1}$.

Загрузка возвратного шнека зависит от положения A_i выгрузной заслонки. Значение коэффициента загрузки возвратного шнека, φ_{bi}, определится по выражению:

$$\varphi_{bi} = \frac{Q_д - Q_b}{Q_b}, \quad (8)$$

где Q_b – подача возвратного шнека при полностью загруженном межвитковом пространстве, кг/с.

После преобразования получим выражение для определения коэффициента заполнения возвратного шнека:

$$\varphi_{bi} = \frac{\pi(D_2^2 - D_1^2)S_1 n_1\varphi_{зап} - 4D_2A_i\lambda\sqrt{3{,}2g\dfrac{D_2A_i}{2(D_2 + A_i)}}}{\pi(d_2^2 - d^2)S_b n_{b2}}. \quad (9)$$

На производительность и неравномерность показателей качества смеси оказывают влияние физико-механические свойства и соотношения смешиваемых материалов, конструкция смесителя и скорость вращения рабочих органов, степень наполнения смесительной камеры, продолжительность процесса.

Изменения состава корма приводят к изменению насыпной плотности смеси, и, как следствие, необходимости корректировки настроечных параметров смесителя.

Производительность и неравномерность смешивания аналитическими методами определить невозможно, поэтому для определения показателей производительности и качества смеси необходимы экспериментальные исследования.

Список использованных источников

1. Ведищев, С. М. Исследование влияния конструктивно-режимных параметров шнеколопастного смесителя на его качественные показатели / С. М. Ведищев, Н. В. Хольшев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 3(34). – С. 32 – 34.

2. Механизация приготовления кормов: в двух частях : учебное пособие для бакалавров и магистрантов, обучающихся по направлениям 35.03.06, 35.04.06 «Агроинженерия». Часть 2 [электронное издание] // С. М. Ведищев, В. П. Капустин, Ю. Е. Глазков и др. – Тамбов : ИПЦ ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 129 с.

3. Григорьев, А. М. Винтовые конвейеры / А. М. Григорьев. – М. : Машиностроение, 1972. – 184 с.

References

1. Vedishchev, S. M. Issledovanie vliyaniya konstruktivno-rezhimnyh parametrov shnekolopastnogo smesitelya na ego kachestvennye pokazateli / S. M. Vedishchev, N. V. Hol'shev // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2011. – № 3(34). – S. 32 – 34.

2. Mekhanizaciya prigotovleniya kormov: v dvuh chastyah: uchebnoe posobie dlya bakalavrov i magistrantov, obuchayushchihsya po napravleniyam 35.03.06, 35.04.06 “Agroinzheneriya”. CHast' 2 [elektronnoe izdanie] // S. M. Vedishchev, V. P. Kapustin, Yu. E. Glazkov i dr. – Tambov : IPC FGBOU VPO “TGTU”, 2015. – 129 s.

3. Grigor'ev, A. M. Vintovye konvejery / A. M. Grigor'ev. – M. : Mashinostroenie, 1972. – 184 s.

УДК 004

Е. В. Кузина, В. А. Немтинов

(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», Тамбов, Россия, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СТАНКОВ

Аннотация. Рассмотрены вопросы информационной поддержки принятия решений при проведении технологического обслуживания комбинированных станков перед началом и в ходе выполнения технологических операций, гарантирующих высокое качество готовой детали, способствующих повышению эффективности производства: уменьшению брака до 30%; увеличению сменной производительности на 10…12%; сокращению простоев по техническим причинам до 20%. Разработана информационно-логическая модель поддержки принятия решений, позволяющая в зависимости от текущего состояния узлов и деталей станка и заданных требований к изготовлению деталей предложить оптимальный вариант проведения технологического обслуживания и наладки комбинированных станков**.**

Ключевые слова: информационное обеспечение системы поддержки принятия решений, технологическое обслуживание комбинированных станков.

E. V. Kuzina, V. A. Nemtinov
(Tambov State Technical University, Department of Computer-integrated Systems in Mechanical Engineering, Tambov, Russia)

INFORMATION SUPPORT OF THE DECISION SUPPORT SYSTEM FOR TECHNOLOGICAL MAINTENANCE OF COMBINED MACHINES

Abstract. The paper deals with the issues of information support for decision-making during technological maintenance of combined machines before and during the execution of technological operations that guarantee high quality of the finished part and contribute to improving production efficiency: reducing scrap by up to 30%; increasing replacement productivity by 10...12%; reducing downtime for technical reasons up to 20%. The information and logical model of decision support has been developed, which allows us to offer the best option for carrying out technological maintenance and commissioning of combined machines, depending on the current state of machine components and parts and the specified requirements for manufacturing parts.

Keywords: information support of the decision support system, technological maintenance of combined machines.

Комбинированный станок – это станок, с помощью которого осуществляется полная обработка совершенно большого количества деталей из разнообразных пород древесины. Обработка на комбинированном станке бывает 4 видов: первая – продольная, поперечная, а также распиловка под определенным углом, она осуществляется дисковой пилой комбинированного станка; вторая – фрезерование и обработка поверхностей не одинаковых по конфигурации, третья – сверление, а также фрезерование пазов; четвертая – строгание по плоскости или кромке.

Любой комбинированный станок состоит из трех важных деталей: одного большого гибочного пресса; ножниц, которые имеют резец и зажим; двух валиков – верхнего и нижнего.

В связи с этим, данная работа посвящена вопросам разработки информационно-логической модели (ИЛМ) поддержки принятия решений при проведении технологического обслуживания комбинированных станков перед началом и в ходе выполнения технологических операций [1].

Для качественного выполнения всех работ на комбинированных станках необходима тщательная подготовка и настройка оборудова-

ния. Если эти работы проведены хорошо и в оптимальные сроки, с соблюдением всех правил, это положительно скажется на готовой детали. Некачественно выполненные токарные работы – неисправимый в большинстве случаев брак.

В общем виде ИЛМ поддержки принятия решений при проведении технологического обслуживания сельскохозяйственных машин перед началом и в ходе выполнения технологических операций представляет собой объединение множеств данных и связей между ними в виде правил. Отдельное продукционное правило, содержащееся в базе знаний, состоит из двух частей [2 – 5]: антецендента и консеквента. Ниже приведен пример правил применительно к комбинированным станкам на примере настольного станка СКН-1М:

а) Правила выбора мероприятий при получении брака при работе на комбинированном станке СКН-1М:

– если «брак при фрезеровании цилиндрических поверхностей» = «часть поверхности детали осталась необработанной», то «неверные размеры заготовки» = «осматривать заготовку и проверять сомнительные размеры»;

– если «брак при фрезеровании цилиндрических поверхностей» = «часть поверхности детали осталась необработанной», то «неправильная установка заготовки» = «проверить правильность установки заготовки»;

б) Правила выбора мероприятий при неисправности шпинделя на комбинированном станке СКН-1М:

– если «неисправность шпинделя» = «шпиндель не вращается», то «ненормальное напряжение на входе и выходе цепи питания» = «замена всей сигнальной соединительной линии»;

– если «неисправность шпинделя» = «шум в подшипнике», то «диагностика подшипника» = «промывка подшипника от грязи с заменой смазки или замена подшипника».

Для реализации информационно-логической модели использована программная среда экспертной системы CLIPS, включающей полноценный объектно-ориентированный язык COOL.

Список использованных источников

1. Обоснование построения отдельных элементов технологического комплекса / К. Немтинов, А. Ерусланов, Ю. Немтинова, В. Немтинов // МаТЭК Web of Conferences. – 2018. – 224, 02036.

2. Немтинов, В. А. Об одном подходе к проектированию системы принятия решений при проведении государственной экологиче-

ской экспертизы / В. А. Немтинов, Ю. В. Немтинова // Международный журнал компьютерных и системных наук. – 2005. – № 44(3). – Р. 389 – 398.

3. Мокрозуб, В. Г. Подход к интеллектуальному информационному обеспечению принятия решений при проектировании химического оборудования / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов // Химическое и нефтяное машиностроение. – 2015. – № 51(7-8). – Р. 31 – 35.

4. Мокрозуб, В. Г. Процедурная модель проектирования многопродуктовых химических установок / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, А. В. Мокрозуб // Химическое и нефтяное машиностроение. – 2017. – № 53(5-6). – Р. 326 – 331.

5. Анализ вариантов принятия решений при проектировании сложных технических систем / В. А. Немтинов, А. Н. Зазуля, В. П. Капустин, Ю. В. Немтинова // Физический журнал: конф. серии. – 2019. – 1278(1) 012018.

References

1. Rationale construction of individual elements of technological complex / K. Nemtinov, A. Eruslanov, Y. Nemtinova, V. Nemtinov // MATEC Web of Conferences. – 2018. – 224, 02036.

2. Nemtinov, V. A. On an approach to designing a decision making system for state environmental examination / V. A. Nemtinov, Yu. V. Nemtinova // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2005. – № 44(3). – P. 389 – 398.

3. Mokrozub, V. G. An Approach to Smart Information Support of Decision-making in the Design of Chemical Equipment / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Chemical and petroleum engineering. – 2015. – № 51(7-8). – P. 31 – 35.

4. Mokrozub, V. G. Procedural model for designing multiproduct chemical plants / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, A. V. Mokrozub // Chemical and Petroleum Engineering. – 2017. – № 53(5-6). – P. 326 – 331.

5. Analysis of decision-making options in complex technical system design / V. A. Nemtinov, A. N. Zazulya, V. P. Kapustin, Yu. V. Nemtinova // Journal of Physics: Conf. Series. – 2019. – 1278(1) 012018.

УДК 681.518

М. Н. М. Саиф
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Информационные процессы и управление», Тамбов, Россия, e-mail: ipu@mail.ahp.tstu.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ СУШКИ В БИОХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Аннотация. Рассмотрено управление аппаратами псевдоожиженного слоя, используемыми для получения гранулированных кормовых добавок. Рассматриваются задачи управления, которые необходимо решать для ведения процесса в эффективном режиме. На основании особенностей решаемых задач управления предложена двухуровневая структура системы управления аппаратом псевдоожиженного слоя. Разработаны алгоритмы управления.

Ключевые слова: управление, объект управления, сушка и грануляция, псевдоожиженный слой, двухуровневая система управления.

M. N. M. Saif
(Tambov State Technical University, Department of Information Processes and Control, Tambov, Russia)

MODELING AND CONTROL OF DRYING SYSTEMS IN BIOCHEMICAL TECHNOLOGIES

Abstract. The article is devoted to the control of fluidized bed devices used for the production of granular feed additives. We consider the management tasks that need to be solved in order to conduct the process in an efficient mode. Based on the features of the control tasks being solved, a two-level structure of the control system for the fluidized bed apparatus is proposed. Control algorithms have been developed.

Keywords: control, control object, drying and granulation, fluidized bed, two-level control system.

В связи с развитием методов промышленного выращивания микроорганизмов, появились задачи, связанные с освоением и внедрением в промышленность высокопроизводительных технологических процессов и аппаратов для сушки бактериально-дрожжевых биомасс, сохраняющих питательную ценность готового продукта.

В настоящее время комбинированные корма в значительном количестве производят в виде порошка, что создает большие неудобства и приводит к значительным потерям при хранении и транспортировке. Одним из целесообразных технических решений является сушка и гранулирование в аппаратах с псевдоожиженным слоем с активным гидродинамическим режимом.

К настоящему времени накоплен значительный опыт в управлении данными процессами [1, 2]. Однако рассматриваемое производство имеет ряд особенностей, поэтому обычные модели и методы управления требуют доработки.

Основой процесса сушки и грануляции в псевдоожиженном слое является его гидродинамика, которая определяет характер тепломассообмена между газовой и твердыми фазами. Обеспечение порозности слоя соответствующему эффективному тепломассообмену является одной из основных задач управления процессом. Такая задача может быт легко решена в стационарных условиях, когда точно известно количество материала в слое, его физические характеристики и эти параметры неизменны.

Однако в реальных условиях ведения процесса эти параметры изменяются в широких пределах. Это обусловлено тем, что изменение производительности гранулятора приводит к изменению количества материала в слое, а качество работы гранулятора влияет на гранулометрический состав. Изменение состава сырьевой смеси приводит к изменению плотности материала в слое. Все эти факторы приводят к изменению гидродинамики в аппарате.

Основной параметр, характеризующий состояние псевдоожиженного слоя, – перепад давления в слое, который является единственным измеряемым гидродинамическим показателем процесса.

В реальных условиях количество материала в слое изменяется в зависимости от производительности гранулятора и скорости выгрузки материала. В связи с этим изменяются динамические характеристики псевдоожиженного слоя, т.е. он обладает свойствами нестационарного объекта управления. В связи с этим к системе управления предъявляются требования гибкого управления гидродинамикой с учетом нестационарности и нелинейности по каналу расход воздуха–перепад давления.

Система управления должна обеспечить функции сбора, первичной обработки и хранения информации с объекта, а также передачу на исполнительные механизмы управляющих воздействий, рассчитанных в соответствии с принятыми законами управления. Таким образом, для обеспечения работоспособности процесса сушки и грануляции в аппарате псевдоожиженного слоя необходимо решать ряд задач в реальном масштабе времени. Отличительной особенностью задач этого типа является то, что каждый канал системы настраивается индивидуально, исходя из особенностей управляющего параметра, важности для технологического процесса, требуемого представления и качества управления.

Характер и цели решения приведенных задач управления существенно различны, как различны их размерности, количество используемой информации и требуемый режим. Чтобы учесть эти особенности задач управления, применим двухуровневую структуру системы управления процессом сушки и грануляции в аппарате псевдоожиженного слоя.

При этом задачи, связанные с расчетом гидродинамических режимов, решаются на верхнем уровне и используют для этого полную информацию о процессе. А задачи, связанные с первичной обработкой информации и расчетом управляющих воздействий, решаются на нижнем уровне системы управления.

Решение задач управления на нижнем уровне должно обеспечивать стабилизацию и гибкое управление технологическими параметрами процесса в соответствии с заданными значениями, рассчитанными на верхнем уровне системы управления. Алгоритм адаптации, реализуемый на нижнем уровне системы, должен обеспечивать высокое качество переходных процессов в контурах регулирования с учетом изменяющихся динамических характеристик объекта управления.

Список использованных источников

1. Математические модели многосвязных объектов управления / М. Н. М. Саиф, В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, А. В. Башкатова, А. А. Мамонтов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 53 – 62. DOI: 10.17277/vestnik.2019.01.pp.053-062.

2. Управление объектами с взаимосвязанными величинами / М. Н. М. Саиф, В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, А. В. Башкатова, А. А. Мамонтов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 206 – 218. DOI: 10.17277/vestnik.2019.02.pp.206-218.

References

1. Mathematical Models of Multiply-Connected Control Objects / M. N. M. Saif, V. G. Matveykin, B. S. Dmitrievsky, A. V. Bashkatova, A. A. Mamontov // Transactions of the Tambov State Technical University. – 2019. – V. 25, № 1. – P. 53 – 62. DOI: 10.17277/vestnik.2019.01.pp.053-062 (In Russ., abstract in Eng.)

2. Control of Objects with Interrelated Values / M. H. M. Saif, V. G. Matveykin, B. S. Dmitrievsky, A. V. Bashkatova, A. A. Mamontov // Transactions of the Tambov State Technical University. – 2019. – V. 25, № 2. – P. 206 – 218. DOI: 10.17277/vestnik.2019.02.pp.206-218 (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 665.63:502.7

С. А. Нагорнов, А. Ю. Корнев, В. Ф. Калинин, М. Ю. Левин
(ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», лаборатория «Организация нефтехозяйств и экономного расходования нефтепродуктов», Тамбов, Россия, e-mail: snagornov@yandex.ru;
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Электроэнергетика», Тамбов, Россия, e-mail: vfkalinin@rambler.ru;
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», кафедра «Транспортные средства и техносферная безопасность», Липецк, Россия, e-mail: lmu@list.ru)

ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

Аннотация. Проведен системный анализ состояния проблемы снижения экологического ущерба от загрязнения окружающей среды при потерях нефтепродуктов во время хранения на нефтескладах сельскохозяйственных товаропроизводителей. Представлена классификация факторов, меняющих качество топлив при хранении. Показано, что проблема сохранения качества моторного топлива при хранении является не только важнейшей фундаментальной научной проблемой, но и краеугольной в обеспечении энергетической, продовольственной и экологической безопасности страны.

Ключевые слова: хранение моторных топлив, качество, снижение потерь, полифункциональные присадки, эфирная композиция, вихревые аппараты.

S. A. Nagornov, A. Y. Kornev, V. F. Kalinin, M. Yu. Levin
(All-Russian Research Institute Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Laboratory «Organization of Oil Companies and Economical Use of Petroleum Products», Tambov, Russia;
Tambov State Technical University, Department of Electric Power Engineering, Tambov, Russia;
Lipetsk State Technical University, Department of Vehicles and Technosphere Security, Lipetsk, Russia)

ENVIRONMENTAL SAFETY ISSUES IN THE STORAGE OF MOTOR FUELS

Abstract. A systematic analysis of the state of the problem of reducing environmental damage from environmental pollution in the event of losses of petroleum products during storage in the oil storage facilities of agricultural producers is Carried out. The classification of factors that change the quality of fuels during storage is presented. It is proved that the problem of preserving the quality of motor

fuel during storage is not only the most important fundamental scientific problem, but also a cornerstone in ensuring the energy, food and environmental security of the country.

Keywords: storage of motor fuels, quality, loss reduction, multifunctional additives, ether composition, vortex devices.

Выявлено, что при хранении моторного топлива в стальных резервуарах в системе «топливо – паровоздушное пространство – подтоварная вода» непрерывно происходят процессы испарения, коагуляции, осаждения, а между компонентами системы протекают различные химические и электрохимические реакции. Доказано, что все эти процессы приводят к количественным и качественным потерям топлива [1]. Установлено, что вопрос снижения скорости химических и физических процессов, протекающих при хранении моторных топлив, приобретает особенную актуальность в настоящее время в связи с возрастающим распространением топлив с улучшенными экологическими характеристиками. Изменение качества топлив оказывает влияние на их эксплуатационные свойства, а значит, на экономичность, работоспособность, долговечность и экологичность сельскохозяйственной техники, и, как следствие, на себестоимость и безопасность продовольствия.

Для выбора методов хранения топлив, наиболее подходящих для сельскохозяйственных нефтескладов, изучены процессы, протекающие в стальных горизонтальных резервуарах на границе парогазовой и жидкой сред, в объеме топлива и в зоне подтоварной воды.

Систематизированы факторы, приводящие к качественным и количественным потерям нефтепродуктов при хранении. Предложена схема, связывающая физико-химические процессы, приводящие к ухудшению качества моторного топлива, и пути его предотвращения. Проведен анализ современных методов предотвращения снижения качества топлив при хранении. Выявлено, что не все способы снижения потерь от испарения и обводнения топлива пригодны для использования на сельскохозяйственных нефтескладах из-за их сложности, трудоемкости и высокой стоимости оборудования.

Показано, что для снижения скорости химических и электрохимических реакций широко используются присадки, применение которых не трудоемко, не требует больших трудовых капитальных затрат и тщательной подготовки защищаемой поверхности. На основе анализа антикоррозионных и стабилизирующих свойств органических веществ нами синтезированы полифункциональные присадки к дизельному топливу [2] и исследовано их антикоррозионное и антиокислительное действие. Использование присадок позволяет снизить скорость коррозионных процессов в зоне подтоварной воды на 60%, скорость окислительных процессов снижается в 2–3 раза, осадкообразовательных – почти в 9 раз.

Доказано, что в качестве противоизносной добавки к дизтопливу, отвечающему требованиям стандартов «Евро», можно использовать биодизельное топливо [3, 4], имеющее высокое цетановое число, лучшие экологические и смазывающие характеристики, чем у нефтяного топлива.

Для снижения потерь и восстановления качества моторных топлив в условиях сельскохозяйственных нефтескладов рекомендуется:

– введение полифункциональных присадок для снижения скоростей окислительных, полимеризационных и электрохимических реакций, протекающих при хранении топлива и ухудшающих их качество;

– использование простых по конструкции и надежных вихревых аппаратов для создания низких температур в установках улавливания паров нефтепродуктов, а также для конденсации паров воды, содержащихся в атмосферном воздухе.

Список использованных источников

1. Эффективное использование нефтепродуктов в сельском хозяйстве / С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, С. В. Романцова, И. Г. Голубев. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 192 с.

2. Нагорнов, С. А. Синтез полифункциональных присадок для дизельного и биодизельного топлива / С. А. Нагорнов, С. В. Романцова // Наука в центральной России. – 2013. – № 3. – С. 26 – 30.

3. Нагорнов, С. А. Предотвращение качественно-количественных потерь топлив при хранении / С. А. Нагорнов, С. В. Романцова // Наука в центральной России. – 2013. – № 2. – С. 49 – 55.

4. Нагорнов, С. А. Организация хранения современных топлив на сельскохозяйственных нефтескладах / С. А. Нагорнов, С. В. Романцова // Наука в центральной России. – 2013. – № 2. – С. 43 – 49.

R*eferences*

1. Effektivnoe ispol'zovanie nefteproduktov v sel'skom hozyajstve / S. A. Nagornov, A. N. Zazulya, S. V. Romancova, I. G. Golubev. – M. : FGNU “Rosinformagrotekh”, 2006. – 192 s.

2. Nagornov, S. A. Sintez polifunkcional'nyh prisadok dlya dizel'nogo i biodizel'nogo topliva / S. A. Nagornov, S. V. Romancova // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – № 3. – S. 26 – 30.

3. Nagornov, S. A. Predotvrashchenie kachestvenno – kolichestvennyh poter' topliv pri hranenii / S. A. Nagornov, S. V. Romancova // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – № 2. – S. 49– 55.

4. Nagornov, S. A. Organizaciya hraneniya sovremennyh topliv na sel'skohozyajstvennyh nefteskladah / S. A. Nagornov, S. V. Romancova // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – № 2. – S. 43 – 49.

УДК 004.94

Е. А. Назойкин, И. Г. Благовещенский
(ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», кафедра «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами», Москва, Россия, e-mail: nazojjkinea@mgupp.ru, igblagov@mgupp.ru)

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Рассмотрена методология создания мультиагентных моделей для прогнозирования и идентификации производственных процессов с использованием структурно-параметрического подхода. Использование мультиагентного имитационного моделирования позволяет отразить состояние и динамику сложных, активных систем производственных процессов с анализом и прогнозированием качества готового продукта. Описываются методы и алгоритмы структурно-параметрического подхода к реализации мультиагентных имитационных моделей, основанных на самодиагностике системы.

Ключевые слова: агентное моделирование, мультиагентные технологии, идентификация, прогнозирование, пищевые производства, производственный процесс, моделирование, математическая модель, структурно-параметрическое моделирование, активная система, большая система, производственный процесс.

E. A. Nazoykin, I. G. Blagoveshchenskiy
(Moscow State University of Food Production, Department of Automated Control Systems for Biotechnological Processes, Moscow, Russia)

IDENTIFICATION AND FORECASTING OF FOOD PRODUCTION PROCESSES USING MULTI-AGENT TECHNOLOGIES

Abstract. The article is devoted to the methodology for creating multi-agent models for forecasting and identifying production processes using the structural-parametric approach. The use of multi-agent simulation allows to reflect the state and dynamics of complex, active systems of production processes with analysis and forecasting of the quality of the finished product. Methods and algorithms of a structural-parametric approach to the implementation of multi-agent simulation models based on self-diagnostics are described.

Keywords: agent-based modeling, multi-agent technologies, identification, forecasting, food production, production process, modeling, mathematical model, structural-parametric modeling, active system, large system, production process.

Динамика поведения большой активной производственной системы в большинстве случаев существует в условиях неопределенности ее промежуточных состояний. Идентификация и прогнозирование промежуточных состояний такой системы в динамике сложноформализуемая задача, которая не может быть спрогнозируема аналитически, так как является результатом многошагового взаимодействия многих активных элементов (стадий производства) системы и возмущающих воздействий. Поэтому для идентификации и прогнозирования различных ситуаций в больших активных системах возможно использование агентно-ориентированных технологий имитации взаимодействия агентов, изменяющих свои свойства и поведение в зависимости от состояния других элементов и внешних воздействий. Модели агентов представляют собой абстракции с пошаговым поведением, изменяющим его характеристики. Такие элементы, объединенные в мультиагентную имитационную модель активной системы, воспроизводят динамику взаимодействия агентов с возможностью идентификации и прогнозирования состояния всей системы.

В качестве методологии создания описаний интеллектуальных агентов удобно использовать структурно-параметрические принципы декомпозиции системы. Тогда структурно-параметрическая модель мультиагентной системы будет представлена кортежем агентов (Ag_i).

Изменение состояния $\Delta\mathrm{Ag}_i$ i-го агента, обусловленное его реакцией на текущую ситуацию и действия других агентов, может оцениваться некоторым интегральным критерием Ψ_i, отражающим изменение состояния и параметров агента в текущей ситуации в k-й период времени от их значений в предшествующем $(k-1)$-м периоде или исходном состоянии:

$$\psi = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} w_{ij} \left(\frac{x_{ij}^{k} - x_{ij}^{k-1}}{x_{ij}^{k}} \right)^2},$$

где x_{ij}^{k}, x_{ij}^{k-1} изменение j-го фактора x_{ij} состояния i-го агента в k-м и $(k-1)$-м периоде; w_{ij} – весовые коэффициенты отклонения j-го фактора при условии

$$\sum_{j=1}^{m_i} w_{ij} = 1.$$

Тогда диагональная матрица изменения состояния агентов ΔAg, их целей Δg и внешних факторов ΔEv в конкретной ситуации, умноженная на матрицу отношений между ними, представляет собой структурно-параметрическую ситуационную модель мультиагентной системы на очередном шаге достижения общей цели G [1].

Главная цель	**Локальные цели**	**Агенты**	**Внешнее воздействие**
ΔG	$w_1\Delta g_1 \;\; w_2\Delta g_2 \;\; \dots \;\; w_n\Delta g_n$	$\|\|0\|\|$	$\|\|0\|\|$
$\|\|0\|\|$	$\begin{matrix} \Delta g_1 & f_{12}\Delta g_2 & \dots & f_{1n}\Delta g_n \\ f_{21}\Delta g_1 & \Delta g_2 & \dots & f_{2n}\Delta g_n \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ -f_{n1}\Delta g_1 & f_{n2}\Delta g_2 & \dots & \Delta g_n \end{matrix}$	$\begin{matrix} \varphi_{11}\Delta Ag_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \varphi_{22}\Delta Ag_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \varphi_{nm}\Delta Ag_n \end{matrix}$	$\|\|0\|\|$
$\|\|l_{ij}\|\|\Delta G$	$\begin{matrix} -\varphi_{11}^{-1}\Delta g_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \varphi_{22}^{-1}\Delta g_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \varphi_{nm}^{-1}\Delta g_n \end{matrix}$	$\begin{matrix} \Delta Ag_1 & \|\varphi_{12}\|\Delta g_2 & \dots & \|\varphi_{1n}\|\Delta Ag_n \\ \|\varphi_{21}\|\Delta Ag_1 & \Delta Ag_2 & \dots & \|\varphi_{2n}\|\Delta Ag_n \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ \|\varphi_{n1}\|\Delta Ag_1 & \|\varphi_{n2}\|\Delta Ag_2 & \dots & \Delta Ag_n \end{matrix}$	$\|\|t_{ij}\|\|\Delta Ev_j$
$\|\|0\|\|$	$\|\|0\|\|$	$\|\|0\|\|$	$\begin{matrix} \Delta Ev_1 & \dots & \dots \\ \dots & \ddots & \dots \\ \dots & \dots & \Delta Ev_n \end{matrix}$

Здесь:

ΔAg, Ag, ΔEv – векторы изменения состояния агентов, целевых функций и внешнее возмущение;

φ_{ij}, φ_{ij}^{-1} – функции прямых и обратных связей изменений состояния i-го агента ΔAg_i, и его локальной цели Δg_i;

$\| \varphi_{ij} \|^n$, $\| \varphi_{ij}^{-1} \|^n$ – операторы прямого и обратного влияния изменения состояния i-го агента ΔAg, на реакцию j-го ΔAg_j;

ΔG – декомпозиция отклонения общей цели G на отклонения локальных целей агентов Ag_i;

$\| 0 \|$, $\| l_{ij} \|$, $\| t_{ij} \|$ – нулевой оператор и операторы связей агентов с показателями общей цели и внешних воздействий;

f_{ij} и f_{ji} – знаковые функции или процедуры влияния целевой функции Δg_j j-го агента на изменение локальной цели i-го.

Элементы и блоки ситуационной модели мультиагентной системы отражают изменение состояния агентов с общей глобальной и локальными целями и операторы функциональных отношений с упоря-

дочиванием по строкам всех факторов влияния на *i*-го агента, а по столбцам – воздействий *j*-го агента на других агентов и внешние воздействия.

Структурно-параметрическая модель мультиагентной системы определяет множество переменных состояния и операторов взаимодействия агентов, объединяемых общей глобальной и локальными целями, и позволяет формализовать алгоритмы идентификации и прогнозирования изменений состояний активной системы на каждом шаге имитации.

Алгоритм идентификации состояния мультиагентной системы сводится на первом этапе к выявлению агентов, состояние которых привело к отклонению от обшей цели или приближению к ней, и далее на втором этапе к определению причинных факторов аномального состояния самих агентов.

Алгоритм прогнозирования состояния мультиагентной системы связан с выявлением последствий изменения состояния какого-либо агента ΔAg_k на развитие ситуации и достижение общей цели.

Задаваемое отклонение *k*-го агента записывается в массивы промежуточных и конечных следствий Sl_l ; $l = 1, n$ и их индексов t_l; $l = 1, n$ с последующим вычислением элементов *k*-то столбца ситуационной матрицы как

$$S_{ik} = C_{ik}\Delta Ag_k;\ \ i = 1, n$$

и отысканием в нем максимального по модулю следственного воздействия $q = i_{max}$ на *q*-го агента.

Далее, аналогично ранее описанному алгоритму прогноза состояния агента, при max = 0 изменение состояния *k*-го агента не имеет последствий в моделируемой мультиагентной системе, и процедура причинно-следственной идентификации заканчивается регистрацией главной возможной следственной цепи изменения состояний взаимосвязанных агентов и их индексов t_j.

При max ≠ 0 индекс максимального воздействия предыдущего (*k*-го) агента на последующего записывается в индексный массив t_l и проверяется на зацикливание, после чего следует вычисление прогнозируемого изменения состояния *q*-то агента $\Delta Ag_q = C_{qk}\Delta A_{gk}$ (диагональный элемент *q*-й строки матрицы S_{ij}) с дальнейшим повторением процедуры нахождения max в *q*-м столбце при $k = q$ и $\Delta Ag_k = \Delta Ag_q$.

Для определения всех последствий прогнозируемого состояния мультиагентной системы описанная процедура включается в цикл их последовательного перебора по принципу разматывания и сматывания нити в конечном лабиринте [2]. При достижении крайнего агента

выбранной цепи взаимодействия последнее ее звено прерывается с возвратом к предшествующему k-му агенту $k = t_{l-1}$, и нахождением другого наибольшего влияния изменения состояния k-го агента, т.е. другой ветви воздействия. При возврате к исходному агенту, т.е. при $l - 1 = 0$, процедура останавливается.

В случае изменения состояния m агентов ΔAg_i; $i = 1, m$ ситуационная матричная модель прогнозируемого состояния мультиагентной системы формируется последовательно для всех исходных отклонений состояния заданных агентов.

Методология представления мультиагентной модели при помощи структурно-параметрического подхода может быть применима для идентификации и прогнозирования больших активных систем, которыми являются пищевые производства. Представленных подход позволяет выявить скрытые факторы, влияющие на производственный процесс в рамках вложенной в модель концепции и внести корректирующие воздействия для оптимизации процесса производства.

Список использованных источников

1. Ивашкин, Ю. А., Моделирование систем. Структурно-параметрические и агентно-ориентированные технологии : лабораторный практикум / Ю. А. Ивашкин, Е. А. Назойкин. – М. : МГУПБ, 2010. – 134 с.

2. Наумов, Р. Р. Анализ производственных процессов пищевых производств с использованием агентных технологий / Р. Р. Наумов, Е. А. Назойкин // Современное состояние и перспективы развития упаковки в пищевой промышленности : сб. материалов конференции с международным участием. – 2018. – С. 146 – 150.

3. Применение агентных технологий в анализе производственных процессов пищевых производств / Р. Р. Наумов, Е. А. Назойкин, И. Г. Благовещенский, М. М. Благовещенская // Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста : сб. науч. тр. I науч.-практ. конф. с международным участием, 29–30 ноября 2018 г. – 2018. – С. 711 – 715.

4. Назойкин, Е. А. Идентификация производственных процессов с использованием методов имитационного моделирования // Е. А. Назойкин, И. Г. Благовещенский / Современное состояние и перспективы развития упаковки в пищевой промышленности : сб. материалов конференции с международным участием. – 2018. – С. 97 – 102.

5. Габрин, К. Э. Основы имитационного моделирования в экономике и управлении : учебное пособие / К. Э. Габрин, Е. А. Козлова. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 108 с.

6. Боев, В. Д. Компьютерное моделирование : пособие для курсового и дипломного проектирования / В. Д. Боев, Д. И. Кирик, Р. П. Сыпченко. – СПб. : ВАС, 2011. – 348 с.

7. Сирота, А. А. Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем : учебное пособие / А. А. Сирота. – М. : Техносфера, 2006. – 280 с.

8. Советов Б. Я. Моделирование систем [Текст] : учебник для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М. : Высшая школа, 2007. – 343 с.

References

1. Ivashkin, Yu. A., System modeling. Structural-parametric and agent-oriented technologies : laboratory practical / Yu. A. Ivashkin, E. A. Nazoykin. – M. : MGUPB, 2010. – 134 p.

2. Naumov, R. R. Analysis of production processes of food production using agent technologies / R. R. Naumov, Ye. A. Nazoykin // The current state and prospects for the development of packaging in the food industry : Collection conference materials with international participation. – 2018. – P. 146 – 150.

3. Application of agent technologies in the analysis of food production processes / R. R. Naumov, Ye. A. Nazoykin, I. G. Blagoveshchensky, M. M. Blagoveshchenskaya // In the collection: Advanced food technologies: state, trends, growth points : Collection of scientific papers of the I scientific-practical conference with international participation, November 29–30, 2018. – 2018. – P. 711 – 715.

4. Nazoykin, E.A. Identification of production processes using simulation methods // E. A. Nazoykin, I. G. Blagoveshchensky / The current state and prospects for the development of packaging in the food industry : Collection conference materials with international participation. – 2018. – P. 97 – 102.

5. Gabrin, K. E. Fundamentals of simulation in economics and management : textbook / K. E. Gabrin, E. A. Kozlov. – Chelyabinsk : SUSU Publishing House, 2004. – 108 p.

6. Boev V. D., Kirik D. I., Sypchenko R. P. Computer modeling : A manual for course and diploma design. – SPb. : VAS, 2011. – 348 p.

7. Sirota, A. A. Computer modeling and evaluation of the effectiveness of complex systems : textbook / A. A. Sirota. – M .: Technosphere, 2006, – 280 p.

8. Soviets, B. Ya. Modeling systems [Text] : textbook for universities / B. Ya. Soviets, S. A. Yakovlev. – M. : Higher school, 2007. – 343 p.

УДК 536.2.083

П. О. Овсянников, М. А. Кузнецов, П. А. Нестеров
(ФГУП «Научно-исследовательский институт
Научно-производственное объединение «ЛУЧ», Подольск, Россия;
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
Тамбов, Россия;
ПАО Тамбовский завод «Электроприбор», Тамбов, Россия,
e-mail: kuznectam@mail.ru)

РАЗВИТИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ СРЕД С РАЗЛИЧНЫМИ АГРЕГАТНЫМИ СОСТОЯНИЯМИ НАСЫЩАЮЩЕГО ФЛЮИДА

Аннотация. Предложены критерии термодинамического подобия свойств флюидов в газовом и сверхкритическом состояниях, учитывающие структуру их молекулы и потенциалы межмолекулярного взаимодействия. Описаны сравнительные методы расчета теплоемкости газообразных флюидов методом построения нейронной сети и сверхкритических флюидов методом интерполяции с использованием многочлена Лагранжа переменной степени.

Ключевые слова: теплоемкость, критерий подобия, искусственная нейронная сеть, флюида сравнения.

P. O. Ovsyannikov, M. A. Kuznetsov, P. A. Nesterov
(Research Institute Scientific and Production Association LUCH,
Podolsk, Russia;
Tambov State Technical University, Tambov, Russia;
PJSC Tambov Plant “Electropribor”, Tambov, Russia)

DEVELOPMENT OF NUMERICAL METHODS FOR STUDYING THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF POROUS MEDIA WITH VARIOUS AGGREGATE STATES OF A SATURATING FLUID

Abstract. Criteria for the thermodynamic similarity of the properties of fluids in the gaseous and supercritical states, taking into account the structure of their molecules and the potentials of intermolecular interaction, are proposed. Comparative methods for calculating the heat capacity of gaseous fluids by constructing a neural network and supercritical fluids by interpolation using a variable degree Lagrange polynomial are described.

Keywords: heat capacity, similarity criterion, artificial neural network, comparison fluid.

Разработанная авторами сравнительная методология прогнозирования изобарной теплоемкости углеводородов в областях ее резкого изменения и насыщенных ими пористых сред вполне может быть распространена и на объекты агропромышленного комплекса, процессы сушки, экстракции и хранения сельскохозяйственной продукции.

Предложены критерии термодинамического подобия свойств флюидов в газовом и сверхкритическом состояниях, учитывающие структуру их молекулы и потенциалы межмолекулярного взаимодействия. В качестве индивидуальных констант веществ, определяющих их поведение в указанных областях параметров состояния принята критическая температура $T_{кр}$ и изобарная теплоемкость в состоянии идеального газа при $T = 0{,}74T_{кр}$. Эта температура соответствует абсолютному минимуму свободной энергии процесса фазового перехода жидкость–пар.

Разработан сравнительный метод расчета теплоемкости газообразных углеводородов метанового ряда при различных температурах и давлениях ($0{,}6 < \tau \leq 1{,}2$ и $0{,}03 < \pi < 0{,}92$) и программа его численной реализации методом построения и обучения нейронной сети. В качестве «флюида сравнения» принят нормальный гептан, так как он достаточно подробно и достоверно ранее экспериментально [1] исследован авторами в указанном интервале τ и π методом адиабатического калориметра постоянного протока с калориметрическим измерением расхода [2]. Была выполнена оценка адекватности метода (штриховые линии) и реализующей его программы для ЭВМ (рис. 1).

Разработан сравнительный метод расчета теплоемкости углеводородов в сверхкритической области максимумов теплоемкости при $0{,}7 < \tau \leq 1{,}2$ и $1{,}05 < \pi < 2$ и программа его численной реализации методом интерполяции с использованием многочлена Лагранжа переменной степени.

Сравнение с наиболее надежными литературными данными об изобарной теплоемкости экспериментально исследованных веществ (спирты, фреоны, углеводороды) показало их согласование, сопоставимое с рассчитанными по уравнениям состояния в указанных областях параметров состояния.

Здесь и далее $\pi = P/P_{кр}$ и $\tau = T/T_{кр}$.

В связи с отсутствием строгой теории теплоемкости твердого тела и систематизированных опытных данных о ней при повышенных давлениях влияние давления на теплоемкость сухой пористой среды можно оценить только качественно. В результате анализа публикаций установлено, что ее теплоемкость незначительно зависит от давления и в рассматриваемом интервале параметров состояния влиянием давления можно пренебречь.

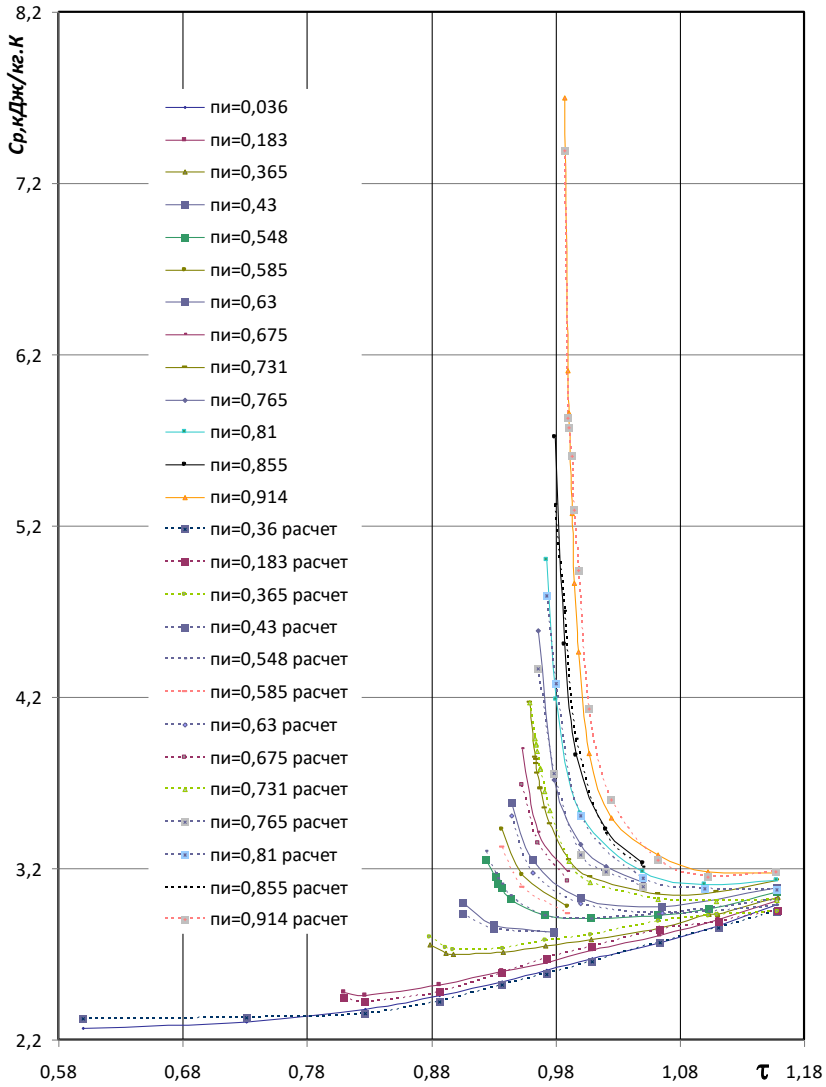


Рис. 1. Экспериментальные и расчетные изобары теплоемкости эталонного вещества в газовой фазе

Теплоемкость флюидонасыщенной среды может быть рассчитана по аддитивной формуле: теплоемкость сложного вещества равна сум-

ме теплоемкостей образующих соединение простых веществ (правило Неймана-Коппа)

$$C = C_1 \frac{m_1}{m_1 + m_2} + C_2 \frac{m_2}{m_1 + m_2},$$

где C_1, m_1 – теплоемкость и масса сухой пористой среды при заданных термобарических условиях; C_2, m_2 – теплоемкость и масса насыщающего флюида при заданных термобарических условиях; m_2 может быть определена при известном $K_п$ – коэффициенте пористости среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (*Проект 20-08-00066 А*).

Список использованных источников

1. Кузнецов, М. А. Тепловые свойства углеводородов в жидком, газообразном и сверхкритическом состояниях: н-гептан / М. А. Кузнецов, Е. Б. Григорьев, С. И. Лазарев // Высокие температуры. – 2018. – Т. 56, № 4. – Р. 502 – 513.

2. Кузнецов, М. А. Методика измерения изобарной теплоемкости углеводородов и их смесей, находящихся в жидком, газовом и сверхкритическом состояниях, при температурах 300 – 650 К и давлениях до 60 МПа / М. А. Кузнецов, Е. Б. Григорьев // ГСССД МЭ 230-2014 Росс. науч.-техн. центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия. – М., 2014. – 37 с. : ил. – 11; табл. – 1; библиогр. назв. 29. – Рус. 22 назв. Деп. в ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» 12.11.2014 г.

References

1. Kuznetsov, M. A. Caloric Properties of Hydrocarbons in Liquid, Gaseous, and Supercritical States: n-Heptane / M. A. Kuznetsov, E. B. Grigoriev, S. I. Lazarev // High Temperature. – 2018. – V. 56, № 4. – P. 502 – 513.

2. Kuznetsov, M. A. Technique for measuring the isobaric heat capacity of hydrocarbons and their mixtures in liquid, gas and supercritical states at temperatures of 300 – 650 K and pressures up to 60 MPa / M. A. Kuznetsov, E. B. Grigoriev // GSSSD ME 230-2014 Ross. scientific and technical. information center for standardization, metro-logy and conformity assessment. – M., 2014. – 37 p. : Ill. – 11; Table – 1; Bibliography name 29. – Rus. 22 titles Dep. in FSUE “STANDARTINFORM” 12.11.2014.

УДК 63-057.2

Т. Ю. Дорохова, В. И. Павлов, С. В. Артемова
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», Тамбов, Россия, e-mail: crems@crems.jesby.tstu.ru;
МИРЭА-Российский технологический университет, кафедра информатики, Москва, Россия)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОФЕССИОНАЛЬНО-НАПРАВЛЕННОЙ АДАПТАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИИ IDEF0

Аннотация. В соответствии с методологией функционального моделирования разработаны IDEF0-диаграммы процесса и этапов профессионально-направленной адаптации будущих специалистов.

Ключевые слова: моделирование, профессионально-направленная адаптация.

T. Yu. Dorokhova, V. I. Pavlov, S. V. Artemova
(Tambov State Technical University, Department of Design of Radio-electronic and Microprocessor Systems, Tambov, Russia;
MIREA-Russian Technological University, Department of Informatics, Moscow, Russia)

MODELING THE PROCESS OF PROFESSIONALLY ORIENTED ADAPTATION BASED ON THE IDEF0 METHODOLOGY

Abstract. In accordance with the functional modeling methodology, IDEF0-diagrams of the process and stages of professional-oriented adaptation of future specialists have been developed.

Keywords: modeling, professionally oriented adaptation.

Работодатели заинтересованы в высококвалифицированных специалистах, способных в короткие сроки успешно адаптироваться к условиям профессиональной деятельности и включиться в процесс профессионального развития. Выпускник вуза может успешно проявить себя в сфере профессиональной деятельности, обладая определенными личностными и поведенческими компетенциями. Это диктует появление новых образовательных акцентов, направленных на интеграцию усилий образовательных учреждений и работодателей для создания оптимальных условий адаптации к учебной и профессиональной деятельности.

Целью разработки IDEF0-модели является оптимизация процесса профессионально-направленной адаптации будущих специалистов. По результатам моделирования разработана и реализована технология организации профессионально-направленной адаптации будущих специалистов, включающая в себя постановку целей на каждом из этапов, конструирование содержания обучения, выбор основных методов обучения, форм и средств обучения, диагностики и контроля знаний, направленных на достижение планируемого результата обучения [1].

Ведущим условием эффективности процесса адаптации является целенаправленное педагогическое управление этим процессом, и помощь студентам со стороны преподавателей и кураторов.

Список использованных источников

1. Дорохова, Т. Ю. Управление процессом профессионально-направленной адаптации / Т. Ю. Дорохова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2008. – № 2(12). Вып. 1. – С. 127 – 131.

References

1. Dorohova, T. Yu. Upravlenie processom professional'no-napravlennoj adaptacii / T. Yu. Dorohova // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2008. – № 2(12). Vyp. 1. – P. 127 – 131.

УДК 631.172

С. В. Артемова, Т. Ю. Дорохова, В. И. Павлов
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», Тамбов, Россия, e-mail: crems@crems.jesby.tstu.ru;
МИРЭА-Российский технологический университет, кафедра информатики, Москва, Россия)

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Аннотация. Рассмотрена технология построения интеллектуальных информационно-управляющих систем тепло-технологическими аппаратами, связанная с различными этапами процесса их проектирования – предварительным, технического и рабочего проектирования.

Ключевые слова: проектирование, энергосберегающее управление.

S. V. Artemova, T. Yu. Dorokhova, V. I. Pavlov
(Tambov State Technical University, Department of Design of Radio-electronic and Microprocessor Systems, Tambov, Russia; MIREA-Russian Technological University, Department of Informatics, Moscow, Russia)

ENERGY-SAVING MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL OBJECTS

Abstract. The technology of constructing intelligent information and control systems for heat-technological devices is considered, associated with various stages of the process of their design – preliminary, technical and detailed design.
Keywords: design, energy-saving management.

К востребованным в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства относятся интеллектуальные информационно-управляющие системы (ИИУС), позволяющие в реальном режиме времени синтезировать управляющие воздействия, минимизирующие затраты энергии и потери качества производимой продукции в процессах, протекающих в тепло-технологических аппаратах (ТТА). Технология построения ИИУС ТТА связана с различными этапами процесса их проектирования.

Осуществлена постановка и приведено решение задачи структурного построения проектных решений. Для формализации задачи структурного построения введены переменные массивы: принадлежности алгоритма модулю; принадлежности информационного элемента алгоритму соответствующих подсистем; взаимодействия модулей с информационными элементами. На этапе проектирования минимизированы основные критерии: сложность системы; подбор и число технических средств; объем занимаемой памяти с различными ограничениями. Поставленная задача решена с использованием генетических алгоритмов. В ходе этапа технического проектирования синтезированы уточняющие решения, реализующие техническую концепцию ИИУС ТТА. На этапе рабочего проектирования синтезированы параметры системы и разработана документация на ИИУС ТТА.

Список использованных источников

1. Технология построения интеллектуальных информационно-управляющих систем тепло-технологическими аппаратами / С. В. Артемова, А. А. Артемов, П. А. Подхватилин, А. А. Чуриков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 561 – 566.

References

1. Tekhnologiya postroeniya intellektual'nyh informacionno-upravlyayushchih sistem teplo-tekhnologicheskimi apparatami / S. V. Artemova, A. A. Artemov, P. A. Podhvatilin, A. A. CHurikov // Vestnik TGTU. – 2015. – V. 21, № 4. – P. 561 – 566.

УДК 004.852

Д. В. Поляков, А. И. Елисеев, Д. С. Андреев, А. Ю. Селиванов
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Информационные системы и защита информации»,
Тамбов, Россия, e-mail: dimadress@yandex.ru)

ПОДХОД К МАШИННОМУ ОБУЧЕНИЮ МОДЕЛЕЙ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Аннотация. Рассмотрено использование теории нечетких множеств для создания универсального аппроксиматора. Предлагается подход к машинному обучению нечеткой модели классификации. Рассматриваются ограничения данных моделей и оценка их вычислительной сложности.

Ключевые слова: теория нечетких множеств, нечеткая логика, машинное обучение, нечеткая классификация.

D. V. Polyakov, A. I. Yeliseyev, D. S. Andreyev, A. Yu. Selivanov
(Tambov State Technical University, Department of Information Systems
and Information Secure, Tambov, Russia)

A NEW APPROACH TO MACHINE LEARNING FOR FUZZY MODELS OF OPEN SYSTEMS

Abstract. The article discusses the use of fuzzy sets theory to create a universal approximation model. An approach for machine learning of clustering model based on a fuzzy logic is proposed. The limitations of these models and the assessment of their complexity are considered.

Keywords: fuzzy set theory, fuzzy logic, machine learning, fuzzy classification.

Формализуем задачу нечеткой классификации. Пусть $\mathrm{N}, \Re$ – множества натуральных и действительных чисел соответственно, а $\Re_+ = \{r \in \Re \mid r \geq 0\}$. Введем в рассмотрение множество O – множество исследуемых объектов (ИО) и множество $Q = \left\{\tilde{Q}_1, \tilde{Q}_2, ..., \tilde{Q}_m\right\}, m \in \mathrm{N}$, содержащее семейство нечетких подмножеств O, т.е. для $\forall i = \overline{1, m},\ \tilde{Q}_i \subset O$. Элементы множества Q будем называть классами. Тогда отнесение произвольного $o \in O$ к одному из классов $\tilde{Q}_1, \tilde{Q}_2, ..., \tilde{Q}_m$ и является задачей классификации. В контексте того, что Q – семейство нечетких множеств, задача классификации произвольного $o \in O$ сводится к построению значений функций принадлежности всех множеств семейства Q для данного o.

Поставим в соответствие каждому нечеткому множеству $\tilde{Q}_i, i=\overline{1,m}$ формализующую его функцию принадлежности $\mu_i : O \to [0,1]$. Тогда решением задачи нечеткой классификации произвольного $o \in O$ будет вектор $\mu_o = (\mu_1(o), \mu_2(o), ..., \mu_m(o))$. Для построения данного вектора необходимо формализовать ИО, спроецировав его на некоторое пространство признаков.

Рассмотрим отображение $Y : O \to \Re^n$, которое формализует проекцию ИО на пространство признаков. Возьмем произвольный $o \in O$ и обозначим $Y(o) = V = (v_1, v_2, ..., v_n)$, где $v_i \in \Re_+, \forall i = \overline{1,n}$ – результат формализации некоторого ИО, а $v_1, v_2, ..., v_n$ – значения его признаков. Тогда задачу классификации удобно переформулировать как построение вектора $\mu_o = (\mu_1(o), \mu_2(o), ..., \mu_m(o))$, на основе вектора *V*.

Пусть $X = \left\{ x_i = \langle h_i, T_i, \Re_+, G_i, M_i \rangle \mid i = \overline{1,n} \right\}$ множество лингвистических переменных. Причем $T_i = \left\{ t_i^s, t_i^m, t_i^b \right\}$, где t_i^s (*small*) – обобщенно понимаемый терм «***маленькое***», t_i^m (*middle*) – «***среднее***», а t_i^b (*big*) – «***большое***»; $G_i = Con \cup Mod_i \wedge Con \cap Mod = \varnothing$, $Mod_i = \left\{ \hat{d}_i, \tilde{d}_i \right\}$, где $\hat{d}_i$ = «***очень***», $\tilde{d}_i$ = «***крайне***», $Con = \left\{ \bar{c}, \hat{c}, \tilde{c} \right\}$ $\bar{c}$ = «***и***», $\hat{c}$ = «***или***», $\tilde{c}$ = = «***не***»; $M_i = \left\{ \mu t_i^s, \mu t_i^m, \mu t_i^b, \mu \hat{d}_i, \mu \tilde{d}_i, \mu \bar{c}, \mu \hat{c}, \mu \tilde{c} \right\}$.

$$
\begin{cases}
\mu t_i^s = f_i^s(v - l_i)\left(\eta(v - l_i) - \eta(v - l_i - f_{i0}^s)\right) + 1 - \eta(v - l_i), v \in \Re_+, \\
\mu t_i^m = T\left(n(\mu_i^s(v)), n(\mu t_i^b(v))\right), v \in \Re_+, \\
\mu t_i^b = f_i^b(r_i - v)\left(\eta(v - r_i + f_{i0}^b) - \eta(v - r_i)\right) + \eta(v - r_i), v \in \Re_+, \\
\mu \hat{d}_i(\mu) = \mu^{\alpha_i}, \alpha_i \in \Re, \alpha_i > 1, \hat{\mu} \in [0,1], \\
\mu \tilde{d}_i(\mu) = \mu^{\beta_i}, \beta_i \in \Re, \beta_i > \alpha_i, \hat{\mu} \in [0,1], \\
\mu \bar{c}(\mu_1, \mu_2) = T(\mu_1, \mu_2), \\
\mu \hat{c}(\mu_1, \mu_2) = S(\mu_1, \mu_2), \\
\mu \tilde{c}(\mu) = n(\mu) = 1 - \hat{\mu}, \hat{\mu} \in [0,1];
\end{cases}
\qquad (1)
$$

где $\eta(v), v \in \Re$ – функция Хевисайда, $T(\cdot,\cdot)$ и $S(\cdot,\cdot)$ – *T*, *S*-нормы Хамахера, а

$$f_i^s, f_i^b \in F = \left\{ f : [0, f_0] \to [0,1] \mid f(0) = 1, f(f_0) = 0, f(x) \downarrow [0, f_0] \right\}, \forall i = \overline{1,n}.$$

Множество $R\left\{\left\langle v_t_i^s, v_t_i^m, v_t_i^b\right\rangle \in \Re^3 \mid, i=\overline{1,n}\right\}$ – множество троек вещественных чисел, для которых верно, что:

$$\begin{cases} \mu t_i^s\left(v_t_i^s\right)=1,\ \mu t_i^s\left(v_t_i^m\right)=0,\ \mu t_i^s\left(v_t_i^b\right)=0, \\ \mu t_i^m\left(v_t_i^s\right)=0,\ \mu t_i^m\left(v_t_i^m\right)=1,\ \mu t_i^m\left(v_t_i^b\right)=0, \\ \mu t_i^b\left(v_t_i^s\right)=0,\ \mu t_i^b\left(v_t_i^m\right)=0,\ \mu t_i^b\left(v_t_i^b\right)=1, \\ \mu t_i^s(v)<1 \text{ при } v>v_t_i^s \text{ и } \mu t_i^b(v)<1 \text{ при } v<v_t_i^b. \end{cases} \quad (2)$$

Назовем S_i множество допустимых значений ЛП $x_i, \forall i=\overline{1,n}$. Тогда для $\forall s \in S_i$ верно, что $s \in T_i$ или $\exists \hat{s} \in S_i, \exists d \in Mod \mid s=\left(d\ \ \hat{s}\right)$ или $\exists \hat{s}, \tilde{s} \in S_i, \exists c \in Con \mid s=\left(\hat{s}\ \ c\ \ \tilde{s}\right)$.

Множество $P=\{p_1, p_2, ..., p_m\}$ назовем множеством нечетких предикатов, если для любого $p \in P$ верно, что $\exists i=\overline{1,n} \mid p \in S_i$ или $\exists c \in Con, \hat{p}, \tilde{p} \in P \mid p=\left(\hat{p}\ \ c\ \ \tilde{p}\right)$ или $\exists \hat{p} \in P \mid p=\left(\text{не}\ \ \hat{p}\right)$.

Тогда

$$\mu_p(V)=\begin{cases} \mu_i^s\left(v_i\right), \text{ если } \exists i=\overline{1,n} \mid p \in S_i, \\ T\left(\mu_{\hat{p}}(V), \mu_{\tilde{p}}(V)\right), \text{ если } \exists \hat{p}, \tilde{p} \in P \mid p=\left(\hat{p} \text{ и } \tilde{p}\right), \\ S\left(\mu_{\hat{p}}(V), \mu_{\tilde{p}}(V)\right), \text{ если } \exists \hat{p}, \tilde{p} \in P \mid p=\left(\hat{p} \text{ или } \tilde{p}\right), \\ n\left(\mu_{\hat{p}}(V)\right), \text{ если } \exists \hat{p} \in P \mid p=\text{не}\ \ \hat{p}; \end{cases} \quad (3)$$

где

$$\mu_i^s(v)=\begin{cases} \mu t_i^j(v), \text{ где } s=t_i^j, \text{ если } s \in T_i, j \in \{s,m,b\}, \\ \mu d_i\left(\mu_i^{\hat{s}}(v)\right), \text{ если } \exists \hat{s} \in S_i, d_i \in Mod_i \mid s=\left(d_i\ \ \hat{s}\right), \\ \mu c\left(\mu_i^{\hat{s}}(v), \mu_i^{\tilde{s}}(v)\right), \text{ если } \exists \hat{s}, \tilde{s} \in S_i, c \in Con \mid s=\left(\hat{s}\ \ c\ \ \tilde{s}\right); \end{cases} \quad (4)$$

Множества *X*, *P* и *R* задают экспертное знание о предметной области, а выражения (3) и (4) позволяют вычислить значение каждого нечеткого предиката относительно произвольного ИО.

Вместе с тем, вид функций и констант $f_i^s(\cdot), f_i^b(\cdot) \in F, \lambda, f_{i0}^s, f_{i0}^b, l_i, r_i, \alpha_i, \beta_i \in \Re, k=\overline{1,n}$ не задается на основе *X*, *P* и *R*. Для постановки оптимизационной задачи по поиску неизвестных параметров модели функции $f_i^s(\cdot), f_i^b(\cdot)$ были аппроксимированы рядом Фурье:

$$f_i^{b,s}(x) = 1 + \sum_{k=1}^{N_i^{b,s}} a_k^{bi,si} \sin\left(\frac{\pi k x}{2 f_{0i}^{b,s}}\right), \forall x \in \left[0, f_{0i}^{b,s}\right] \quad (5)$$

и введены следующие обозначения:

$$\mathrm{A}_i^s = \left(a_1^{si}, a_2^{si}, ..., a_{N_i^s}^{si}\right), \ \mathrm{A}_i^b = \left(a_1^{bi}, a_2^{bi}, ..., a_{N_i^b}^{bi}\right)$$

$$A^s = \bigcup_{i=1}^{n} A_i^s, N^s = \sum_{i=1}^{n} N_i^s, \left|A^s\right| = N^s, \quad A^b = \bigcup_{i=1}^{n} A_i^b, N^b = \sum_{i=1}^{n} N_i^b, \left|A^b\right| = N^b,$$

$$B = \bigcup_{i=1}^{n} B_i, \ A = A^s \cup A^b \cup B \cup \{\lambda\}.$$

Предложенная модель нечеткой кластеризации (1, 3, 4) (далее МНК) имеет потенциал к машинному обучению. Для этого необходимо ввести в рассмотрение обучающую выборку.

Пусть обучающая выборка имеет вид:

$$Teach = \left\{< V_j, R_j > | V_j \in \Re^n, R_j \in \Re^m, \ j = \overline{1, n_{teach}}, n_{teach} \in \mathrm{N}\right\}.$$

Компоненты вектора R_j задают ожидаемые значения $\mu_{p_i}(V_j)$, т.е. для $\forall i = \overline{1, m}$ ожидается $\mu_{p_i}(V_j) = r_i^j$ при условии, что $R_j = \left(r_1^j, r_2^j, ..., r_m^j\right)$. Обучающая выборка формализует эмпирические данные о классификации. А обучение МНК позволит объединить экспертное знание и эмпирические данные в рамках одной модели.

Будем считать МНК обученной на выборке $Teach$, если выполняется тождество:

$$\arg\max_{i=\overline{1,m}}\left(r_i^j\right) \equiv \arg\max_{i=\overline{1,m}}\left(\mu_{p_i}(V_j)\right), \ \forall j = \overline{1, n_{teach}}. \quad (6)$$

Поставим для МНК (1, 3, 4) оптимизационную задачу, которая представляет собой минимизацию ошибки МНК $\left(Err_{teach}(\cdot,\cdot,\cdot)\right)$ на обучающей выборке:

$$\begin{cases} Err_{teach}\left(A^s, A^b, B\right) = \sum_{j=1}^{n_{teach}} \Im\left(V_j, A^s, A^b, B\right) \\ \Im\left(V_j, A^s, A^b, B\right) = \sum_{i=1}^{m} \left(\mu_{p_i}\left(V_j, A^s, A^b, B\right) - r_i^j\right)^2. \end{cases} \quad (7)$$

Тогда, в силу ограничений оптимизационная задача будет иметь вид:

$$\begin{cases} Err_{teach} \xrightarrow[A^s,A^b,B,\lambda]{} \min, \quad \text{причём} \\ B=\bigcup_{i=1}^{n} B_i\ ,\ B_i=\left(f_{i0}^s,\, f_{i0}^b, l_i, r_i, \alpha_i, \beta_i\right) \in \Re_+^6, l_i \le r_i, 1<\alpha_i<\beta_i, \\ \sum_{k=1}^{N_i^s} \frac{\pi k a_k^{si}}{2 f_{i0}^s} \cos\left(\frac{\pi k x}{2 f_{i0}^s}\right) < 0, \forall x \in \left[0,\, f_{i0}^s\right], \sum_{k=1}^{N_i^b} \frac{\pi k a_k^{bi}}{2 f_{i0}^b} \cos\left(\frac{\pi k x}{2 f_{i0}^b}\right) < 0, \forall x \in \left[0,\, f_{i0}^s\right], \\ \sum_{k=1}^{\left\lceil N_i^s/2 \right\rceil} (-1)^k a_{2k-1}^{si} = 1, \sum_{k=1}^{\left\lceil N_i^b/2 \right\rceil} (-1)^k a_{2k-1}^{bi} = 1, \forall i = \overline{1,n}; \end{cases} \tag{8}$$

Предложен и обоснован подход к решению оптимизационной задачи (7–8). Он заключается в выборе A^0 – первого приближения A согласно системе:

$$\begin{cases} l_i = v_t_i^s, \forall i = \overline{1,n}, \\ f_{0i}^b = v_t_i^b - v_t_i^m, \forall i = \overline{1,n}, \\ f_{0i}^s = v_t_i^m - v_t_i^s, \forall i = \overline{1,n}, \\ r_i = v_t_i^b, \forall i = \overline{1,n}, \\ a_k^{si} = a_k^{bi} = (-1)^k \frac{4}{\pi k}, \forall k = \overline{1,N_i}, \forall i = \overline{1,n}, \\ \alpha_i = 2, \beta_i = 3, \forall i = \overline{1,n}, \\ \lambda = 1; \end{cases} \tag{9}$$

и последующем повторении итеративного шага:

$$A^{i+1} = A^i - Grad(A^i)\Delta, \tag{10}$$

где $Grad\left(A^i\right) = \left(\frac{\partial \Im}{\partial a_1}\left(A^i\right), \frac{\partial \Im}{\partial a_2}\left(A^i\right), ..., \frac{\partial \Im}{\partial a_N}\left(A^i\right)\right),\ \forall i \in \mathrm{N} \bigcup \{0\}$, а Δ – некоторое малое положительное число из $\Re$. Шаг (10) повторяется для всех V_j, $j = \overline{1, n_{teach}}$ перебираемых в случайном порядке. Критерием

останова служит (6), что означает успешное обучение модели, или детектирование попадания модели в экстремум, что, в случае невыполнения (6) свидетельствует о проблемах при обучении МНК. Эти проблемы могут быть связаны как с попаданием в локальный экстремум, так и несовместимостью данных модели.

УДК 536.2.083

С. В. Пономарев, Н. А. Порошина
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Мехатроника и технологические измерения»,
Тамбов, Россия, e-mail: svponom@yahoo.com, miti@tstu.ru)

МЕТОД РЕГУЛЯРНОГО РЕЖИМА ПЕРВОГО РОДА ДЛЯ ДВУХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫЙ ДЛЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПРОДУКТОВ АПК

Аннотация. Рассмотрено теоретическое обоснование метода регулярного режима 1 рода, предназначенного для использования в испытательной лаборатории при измерении теплофизических свойств растительных тканей фруктов и корнеклубнеплодов.

Ключевые слова: краевая задача теплопроводности, теплопроводность, коэффициент температуропроводности, измерение, краевая задача Штурма-Лиувилля.

S. V. Ponomarev, N. A. Poroshina
(Tambov State Technical University,
Department of Mechatronics and Process Measurements, Tambov, Russia)

REGULAR MODE METHOD OF THE FIRST KIND FOR A TWO-LAYER PLATE, DEVELOPED FOR THE TESTING LABORATORY OF APC PRODUCTS

Abstract. The theoretical substantiation of the method of the regular mode of the 1st kind, intended for use in the testing laboratory when measuring the thermophysical properties of plant tissues of fruits and root tubers, is considered.

Keywords: boundary value problem of thermal conductivity, thermal conductivity, thermal diffusivity, measurement, boundary value problem of Sturm-Liouville.

Физическая модель используемого измерительного устройства представляет собой двухслойную систему. В качестве первого слоя используется пластина толщиной h из материала с известными тепло-

физическими свойствами, например, из меди, у которой теплопроводность $\lambda_1 = 401{,}9$ [Вт/(м·К)] и коэффициент температуропроводности $a_1 = 1168 \cdot 10^{-7}$ [м^2/с]. В качестве второго слоя применяют пластину толщиной *H-h* из исследуемого материала, например, в виде плоского слоя, вырезанного из растительной ткани фрукта или корнеклубнеплода. Теплофизические свойства второго слоя, а именно, теплопроводность λ_2 и коэффициент температуропроводности a_2 должны быть измерены в процессе эксперимента.

Записанная на основе известных методов теории теплопроводности [1 – 5] безразмерная краевая задача теплопроводности для двухслойной пластины имеет вид:

$$\frac{\partial\theta(\bar{x}, Fo)}{\partial Fo} = \bar{a}(\bar{x})\frac{\partial\theta(\bar{x}, Fo)}{\partial(\bar{x})^2}; \quad \bar{x} \geq 0,\ F_0 > 0, \tag{1}$$

$$\bar{a}(\bar{x}) = \begin{cases} 1, & \text{при } 0 < \bar{x} \leq \dfrac{h}{H}, \\ \dfrac{a_2}{a_1}, & \text{при } \dfrac{h}{H} < \bar{x} < 1, \end{cases} \tag{1a}$$

$$\theta\left(\bar{x}, 0\right) = \frac{T_H - T_c}{T_H - T_c} = 1 = \text{const}, \tag{2}$$

$$\frac{\partial\theta(0, \tau)}{\partial\bar{x}} = 0, \tag{3}$$

$$\left.\begin{aligned} \theta\left(\frac{h}{H} - 0, Fo\right) &= \theta\left(\frac{h}{H} + 0, Fo\right), \qquad (4) \\ \lambda_1 \frac{\partial\theta\left(\frac{h}{H} - 0, Fo\right)}{\partial\bar{x}} &= \lambda_2 \frac{\partial\theta\left(\frac{h}{H} + 0, Fo\right)}{\partial\bar{x}}, \qquad (5) \end{aligned}\right\} ГУ - 4$$

$$\theta(1, Fo) = \frac{T_c - T_c}{T_H - T_c} = 0. \tag{6}$$

При записи задачи (1) – (6) использованы следующие обозначения:

$\bar{x} = \dfrac{x}{H}$, $Fo = \dfrac{a_1 \tau}{H^2}$ – безразмерные пространственная координата и временная координата (число Фурье), $\theta(\bar{x}, Fo) = \dfrac{T(\bar{x}, Fo) - T_c}{T_H - T_c}$ – безразмерная температура, T_H – первоначальная температура двухслойной системы в момент времени $\tau = 0$, T_c – постоянная температура, поддерживаемая на внешней поверхности второго слоя при $\bar{x} = 1$ ($x = H$), $\bar{a}(\bar{x})$ – безразмерная функция, определяемая зависимостью коэффициента температуропроводности от безразмерной координаты $\bar{x}$.

Решение краевой задачи теплопроводности (1) – (6), полученное методом разделения переменных Фурье [1, 3, 4], имеет вид:

$$\theta_n(\bar{x}, Fo) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n R_n(\bar{x}) \exp[-\varepsilon_n^2 Fo], \tag{7}$$

где $A_n = \dfrac{\int_0^1 \theta(\bar{x},0) R_n(\bar{x}) d\bar{x}}{\int_0^1 R_n^2(\bar{x}) d\bar{x}}$ – коэффициенты разложения начального распределения температуры $\theta(\bar{x}, 0)$ в ряд Фурье; ε_n^2 и $R_n(\bar{x})$ – собственные значения и собственные функции краевой задачи Штурма-Лиувилля

$$\begin{cases} R''(\bar{x}) + \varepsilon^2 \bar{a}(\bar{x}) R(\bar{x}) = 0, \\ R(0) = 0, \\ R\left(\dfrac{h}{H} - 0\right) = R\left(\dfrac{h}{H} + 0\right), \\ \lambda_1 R'\left(\dfrac{h}{H} - 0\right) = \lambda_2 R'\left(\dfrac{h}{H} + 0\right), \\ R(1) = 0. \end{cases} \tag{8}$$

Всегда найдется такое значение числа Фурье F_0^*, что при $F_0 > F_0^*$ решение (7) принимает вид:

$$\theta(\bar{x}, Fo) = A_1 R_1(\bar{x}) \exp[-\varepsilon_1^2 Fo]. \qquad (7')$$

После логарифмирования (7') при $\bar{x} = 0$ и при $\bar{x} = (h+H)/2$ получаем:

при $Fo > Fo^*$ и $\bar{x} = 0$

$$\ln[\theta(0, Fo_i)] = \ln[A_1 \cdot R_1(0)] - \varepsilon_1^2 Fo_i, \qquad (7'')$$

при $Fo > Fo^*$, $\bar{x} = (h+H)/2$

$$\ln\left[\theta\left(\frac{h+H}{2}, \frac{a\tau_i}{H^2}\right)\right] = \ln\left[A_1 R_1\left(\frac{h+H}{2}\right)\right] - \varepsilon_1^2 \frac{a\tau_i}{H^2}. \qquad (7''')$$

В процессе проведения эксперимента получаем массивы значений:

при $Fo > Fo^*$, $\bar{x} = 0$:

$$\theta(0, Fo_i) = \theta_i, Fo_i, \ i = 1, 2, 3, ..., m; \qquad (9)$$

при $Fo > Fo^*$, $\bar{x} = \dfrac{h+H}{2}$:

$$\theta\left(\frac{h+H}{2}, \tau_i\right) = \theta_i^1, \tau_i, \ i = 1, 2, 3, \ldots, m. \qquad (9')$$

После аппроксимации экспериментальных данных (9) зависимостью (7''), определяют первое собственное значение ε_1^2 краевой задачи Штурма-Лиувилля (8). После этого, при решении краевой задачи Штурма-Лиувилля (8) путем перебора пар значений λ_{2i}, a_{2i}, $i = 1, 2, \ldots, m$ (при уже найденном из эксперимента значении ε_1^2), по экспериментальным данным (9') определяют такую пару значений λ_2^* и a_2^*, при которых достигается минимум квадратичного функционала

$$f(a_{2i}, \lambda_{2i}) = \sum_{i=1}^{m} \left\{ \theta_i^1(Fo_i) - A_1 R_1\left(\frac{h+H}{2}\right) \exp\left[-\varepsilon_1^2 Fo_i\right] \right\}^2 = \min.$$

Накопленный опыт решения рассмотренной в статье задачи позволяет утверждать о возможности использования приведенного выше подхода для проектирования методов регулярных режимов 2 и 3 рода [1 – 4].

Список использованных источников

1. Лыков, А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков. – М. : Высшая школа, 1967. – 600 с.

2. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / А. Г. Шашков и др. – М. : Энергия, 1973. – 336 с.

3. Теоретические и практические основы теплофизических измерений / С. В. Пономарев и др. – М. : Физматлит, 2008. – 408 с.

4. Пономарев, С. В. Теоретические и практические аспекты теплофизических измерений : монография. – В 2 кн. / С. В. Пономарев, С. В. Мищенко, А. Г. Дивин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – Кн. 1. – 204 с.

5. Пономарев, С. В. Теоретические и практические аспекты теплофизических измерений : монография. – В 2 кн. / С. В. Пономарев, С. В. Мищенко, А. Г. Дивин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – Кн. 2. – 216 с.

References

1. Lykov, A. V. Theory of thermal conductivity / A. V. Lykov. – M. : Higher school, 1967 . – 600 p.

2. Methods for determination of thermal conductivity and thermal diffusivity / A. G. Shashkov and others. – M. : Energiya, 1973. – 336 p.

3. Theoretical and practical foundations of thermophysical measurements / S. V. Ponomarev et al. – M. : Fizmatlit, 2008 . – 408 p.

4. Ponomarev, S. V. Theoretical and practical aspects of thermophysical measurements : Monograph. – In 2 books / S. V. Ponomarev, S. V. Mishchenko, A. G. Divin. – Tambov : Publishing house of Tamb. Gos. techn. un-t, 2006. – Book 1. – 204 p.

5. Ponomarev, S. V. Theoretical and practical aspects of thermophysical measurements : Monograph. – In 2 books / S. V. Ponomarev, S. V. Mishchenko, A. G. Divin. – Tambov : Publishing house of Tamb. Gos. techn. un-t, 2006. – Book 2. – 216 p.

УДК 637.334.2

О. В. Зюзина, О. В. Салиджанова, В. Д. Челак
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», Тамбов, Россия, e-mail: elmers.10@mail.ru)

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ МОЛОКА В СЫРЫ

Аннотация. Изложены результаты изучения влияния трансглютаминазы на процесс образования сгустка и его физико-химические показатели в производстве мягкого сыра из коровьего и козьего молока.

Ключевые слова: ферментный препарат, молоко, сгусток, мягкий сыр.

O. V. Zyuzina, O. V. Salidzhanova, V. D. Chelak
(Tambov State Technical University, Department of Technologies and Equipment for Food and Chemical Production, Tambov, Russia)

PRACTICAL RESULTS OF USE OF ENZYME PRODUCTS WHEN PROCESSING MILK IN CHEESE

Abstract. The article presents the results of a study of the effect of transglutaminase on the process of clot formation and its physicochemical parameters in the production of soft cheese from cow and goat milk.

Keywords: enzyme preparation, milk, clot, soft cheese.

Современные тенденции пищевой индустрии предусматривают в качестве инструмента для целенаправленных операций с пищевым сырьем использование ферментов. Особенно активна роль этих биологических катализаторов в сыроделии при образовании сгустка, а также при созревании сыров. Наиболее известным является комплекс ферментных препаратов ренет – молокосвертывающие ферменты, а также липазы, не коагулирующие протеазы, аминопептидазы, β – галактозидаза, лизоцим, трансферазы [1].

Среди многообразия доступных ферментов для молочных технологий привлекает интерес переработчиков молока ферменты, модифицирующие структуру белков, например, микробная трансглютаминаза (КФ 2.3.2.13). Этот биологический катализатор участвует в реакции образования меж- и внутримолекулярных изопептидных связей в белковых молекулах [2]. Сыры, выработанные с применением трансглютаминазы, получили в литературе название «crosslinked cheeses», или «сыры с поперечными связями» [3].

Были выполнены пробные варки мягкого сыра из коровьего и козьего молока с применением трансглютаминазы и установлены основные закономерности изменения состояния сгустка и готового продукта.

Для изготовления сырного сгустка из козьего молока использовали непастеризованное сырье от животного из личного подворья жирностью более 3% с содержанием белка до 3,16% и кислотностью 14 °Т, сухой обезжиренный молочный остаток имел значение около 8,52. Сквашивание одной порции молока длилось 20 минут с применением ферментного препарата CHY-MAX и 40%-ного раствора хлорида кальция. В другую порцию в молоко перед сквашиванием добавляли, одновременно с молокосвертывающим ферментным препаратом, трансглютаминазу фирмы BioConnecta. Перед внесением ферментов регулировали кислотность молока раствором органической кислоты до 19 °Т. После образования плотного сгустка его разрезали на кубики, вымешивали 30 минут до получения сырного зерна и наливом формовали сырные головки. Отделение сыворотки длилось около часа при сочетании самопрессования и прессования под гнетом. Полученные образцы сыра анализировали, устанавливая гравиметрическим методом массу, физико-химическим методом – массовую долю влаги, химическим методом – массовую долю жира. Выход сгустка рассчитывали от массы сухих веществ использованного сырья. Полученные значения представлены в табл. 1.

1. Физико-химические данные сыра на козьем молоке

	Контроль	Опыт
Выход сгустка, %	25,7	25,3
Массовая доля влаги, %	64,6	66,6
Массовая доля жира, %	49,7	49,4

Действие трансглютаминазы на гелеобразование также было изучено при получении мягкого сыра из коровьего молока. Использовалось 3 $дм^3$ молока жирностью 3,69% с содержанием белка 3,02% кислотностью 18 °Т и СОМО 8,18. Сквашивание длилось 20 минут с применением ферментного препарата CHY-MAX, 40%-ного раствора хлорида кальция и закваски. В опытный образец добавляли, одновременно с молокосвертывающим ферментным препаратом, трансглюта-

миназу фирмы BioConnecta. После образования плотного сгустка его разрезали на кубики, вымешивали 30 минут, формовали сырные головки. После прессования определяли массу полученных головок свежего сыра, содержание влаги и жира (табл. 2).

2. Физико-химические данные сыра на коровьем молоке

	Контроль	Опыт
Масса сгустка, г	559,0	577,0
Выход сгустка, %	18,6	19,2
Массовая доля влаги, %	60,6	63,0
Массовая доля жира, %	46,1	44,6
Массовая доля влагоудерживающей способности, %	11,9	21,8

В ходе работы оценивали консистенцию полученных сгустков после прессования, так как в литературе [1 – 3] указывается, что добавление трансглутаминзы влияет на влагосвязывающую способность, повышает выход продукта за счет потерь белков с сывороткой. В ходе работы провели оценку влагосвязывающей способности сгустков, полученных из коровьего молока, после прессования и сыра из них после посола в рассоле концентрацией 16%. Установлено, что при использовании трансглютаминазы увеличивается выход сгустка почти на 0,6%, а влагосвязывающая способность на 21%. После посола величина влагосвязывающей способности сыра также была выше на 9% у образца с добавлением трансглютаминазы.

Анализ химического состава образцов сыворотки, полученных на коровьем молоке, показал потери жира с сывороткой при изготовлении сгустка, что связано с малыми размерами жировых шариков в данном виде сырья. Тогда как при изготовлении продукта из козьего молока этой тенденции не наблюдалось. Потери белка в сыворотке при использовании трансглютаминазы наблюдались во всех образцах. Это связано с тем, что образовываются плотные ковалентные связи между свободными аминогруппами, тем самым увеличивается выход продукта. Данные представлены на рис. 1.

Исследование дает основание говорить о перспективности применения трансглютаминазы для модификации белков молока и разработки сыров с улучшенными потребительскими характеристиками.

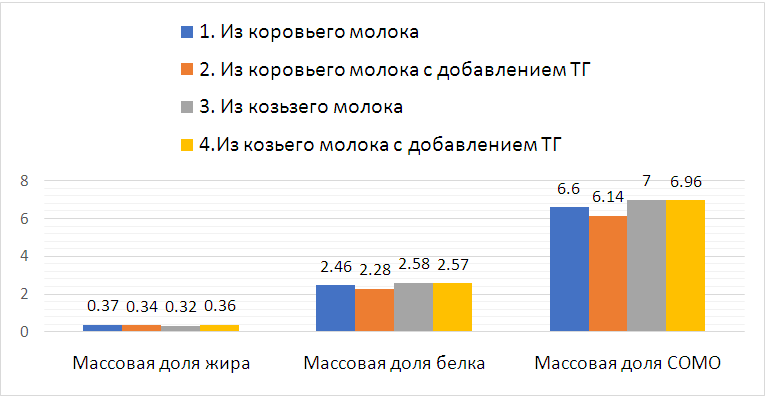


Рис. 1. Диаграмма физико-химических свойств сыворотки в исследуемых образцах

Список использованных источников

1. Яшкин, А. И. Современные подходы к применению микробной трансглютаминазы в сыроделии (аналитический обзор) / А. И. Яшкин // Молочнохозяйственный вестник. – 2019. – № 1(33).

2. Лисицын, А. Б. Современные тенденции развития индустрии функциональных пищевых продуктов в России и за рубежом / А. Б. Лисицын, И. М. Чернуха, О. И. Лунина // Теория и практика переработки мяса. – 2018. – № 1.

3. Зюзина, О. В. Влияние вида коагулянта на свойство козьего сыра / О. В. Зюзина, М. С. Дрогунова, В. В. Машук // Инженерные решения. – 2019. – № 1(2). – С. 43 – 46.

References

1. Yashkin, A. I. Modern approaches to the use of microbial transglutaminase in cheese production (analytical review) / A. I. Yashkin // Dairy Bulletin. – 2019. – № 1(33).

2. Lisitsyn, A. B. Modern trends in the development of the functional food industry in Russia and abroad / A. B. Lisitsyn, I. M. Chernukha, O. I. Lunina // Theory and practice of meat processing. – 2018. – № 1.

3. Zyuzina, O. V. Influence of the type of coagulant on the property of goat cheese / O. V. Zyuzina, M. S. Dragunova, V. V. Mashuk // Engineering decision. – 2019. – № 1(2). – P. 43 – 46.

УДК 628.4.045

О. Ю. Терехова
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Природопользование и защита окружающей среды», Тамбов, Россия, e-mail: Olg6665055@yandex.ru)

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ДЕМЕРКУРИЗАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ РТУТЬСОДЕРЖАЩИХ ЛАМП НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. Проблема демеркуризации и утилизации люминесцентных ламп, содержащих соединения ртути, стоит достаточно остро в современном мире, что связано с ростом использования таких ламп для освещения жилых и общественных зданий, а также предприятий АПК. Исходя из этого, необходимо решить вопрос об организации сбора и утилизации ртутьсодержащих отходов, предусмотреть создание действенных механизмов и систем сбора отработанных ламп от населения и хозяйствующих субъектов.

Ключевые слова: демеркуризация, ртутьсодержащие отходы, предприятия агропромышленного комплекса, утилизация ртутных ламп, экологическая безопасность.

O. J. Terekhova
(Tambov State Technical University, Department of Nature Management and Environmental Protection, Tambov, Russia)

SOLUTION OF THE PROBLEM OF DEMERCURIZATION AND UTILIZATION OF SPENT MERCURY-CONTAINING LAMPS AT THE ENTERPRISES OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Abstract. The Problem of demercurization and utilization of fluorescent lamps containing mercury compounds is quite acute in the modern world, which is associated with the growing use of such lamps for lighting residential and public buildings, as well as agricultural enterprises. Based on this, it is necessary to solve the issue of organizing the collection and disposal of mercury-containing waste, to provide for the creation of effective mechanisms and systems for collecting used lamps from the population and economic entities.

Keywords: demercurization, mercury-containing waste, agro-industrial enterprises, utilization of mercury lamps, environmental safety.

Целью данной работы является анализ состояния проблемы обращения с отслужившими свой срок ртутьсодержащими лампами и приборами с ртутным заполнением, а именно проблемы утилизации

и демеркуризации, а также детальное изучение возможных путей выхода из сложившейся ситуации способом, доступным для большинства предприятий агропромышленного комплекса страны, с целью защиты природной среды от загрязнения.

В экономическом плане люминесцентные ртутьсодержащие лампы имеют преимущество по сравнению с обычными лампами накаливания. Во-первых, они потребляют меньше электроэнергии, во-вторых, их световая отдача и срок службы в несколько раз больше. В настоящее время можно увидеть много разновидностей компактных люминесцентных ламп – и чем больше их становится в быту, тем серьезнее становится проблема их утилизации и демеркуризации. Ведь после того, как лампа перегорает, ее нельзя выбрасывать в бытовой мусорный контейнер. Разбивать или разбирать на части люминесцентные лампы категорически не рекомендуется, так как это ртутьсодержащие лампы, которые содержат 3…5 мг ртути (для сравнения в термометрах содержится 0,503 гр.), ядовитого вещества I класса опасности. Разрушенная или поврежденная колба лампы высвобождает пары ртути, что наносит значительный вред здоровью человека и окружающей среде. В замкнутом помещении разбитая лампа может давать кратковременное превышение ПДК ртути более чем в 160 раз, а загрязнение выше ПДК может сохраняться несколько десятков лет в стеновых панелях. Общее количество ртути, загрязняющее объекты окружающей среды в пределах территорий Российской Федерации, составляет более 1,5 т в год. Около половины ртути со временем впитывается в стекло, люминофор, соединяется с металлом спирали, которая не испаряется в случае, если лампа разобьется. Исходя из статистических данных, выбытие компактных люминесцентных ламп со 145 000 000 штук в 2015 г. выросло до 278 000 000 штук в 2020 г. Соответственно, и доля утилизируемых ламп должна повысится с 7 до 36%, что требует создания в России около 30 заводов по утилизации ламп мощностью по 3 000 000 штук в год [2].

Зачастую на проблему утилизации и демеркуризации люминесцентных ламп индивидуальные потребители не обращают внимания, а производители не стремятся заниматься этой проблемой, т.е. созданием рециркуляционных технологий переработки. Отработавшие свой срок службы лампы подлежат транспортированию в пункт переработки для последующей утилизации. На специальном оборудовании производят демеркуризацию, т.е. удаление ртути и ее соединений с целью исключения отравления людей и животных.

Рассмотрим технологию демеркуризации и утилизации ртутьсодержащих ламп на примере теплиц, в которых для освещения растений используют люминесцентные лампы. Во многих регионах нашей стра-

ны достаточное количество света растения получают только летом, а поэтому без дополнительной подсветки не обойтись. Если растениям не будет хватать дневного света, а искусственное освещение теплиц будет некачественным, фотосинтез замедлится, а в конечном счете растения погибнут. Только под действием света в растении образуются органические вещества.

Чтобы установить правильное освещение в теплице, а в дальнейшем получить хороший урожай, необходимо учитывать следующие правила:

– при установке светильников нельзя загораживать солнечные лучи, иначе есть вероятность лишить растение естественного источника света. По этой же причине покрытие парников необходимо периодически мыть, если они пластиковые или стеклянные;

– в качестве материала светильников лучше всего использовать металл, не подверженный коррозии, а саму конструкцию необходимо защитить от влаги;

– выбирая лампы для теплиц, необходимо обратить внимание на следующие характеристики: производитель, мощность, количество излучаемой энергии, световой спектр [5].

Рассмотрим основные характеристики и преимущества люминесцентных ламп, используемых в теплицах. Потребляемая мощность люминесцентных светильников составляет в среднем 10…13 Вт, поэтому использовать их для освещения растений в теплицах выгодно. При выборе данного вида освещения обращаем внимание на свет, который они излучают:

– холодный белый свет применяется часто и является бюджетным вариантом. Его целесообразно использовать в качестве фона, а не для точечной направленной подсветки;

– теплый белый свет ценится больше, и стоимость таких лампочек повыше, поскольку он содержит некоторое количество красных лучей, полезных растению. Такие светильники часто применяются для выращивания цветов.

– комбинируя холодный и теплый свет в одном приборе, можно получить отличный результат. Результатом такого объединения будет экономия и достаточное количество полезных для культуры лучей.

Также в продаже встречаются специализированные светильники, в которых спектр излучения подбирается очень тщательно, чтобы польза для растения была максимальной при минимальном энергопотреблении. Они либо стимулируют растение к активному росту, либо направлены на увеличение количества завязей плодов. Их можно устанавливать в горизонтальном и в вертикальном положении. Очень сильно количество вырабатываемого света и яркость светильников

зависит от напряжения. По мере износа ламп, подается большее напряжение, необходимое для освещения и роста растений.

Для освещения теплицы в зимнее время используются ртутные лампы. Их самым главным недостатком является то, что ртуть ядовита. Если бы не этот существенный минус, такой вид светильников использовался бы чаще, поскольку их свет отлично влияет на рост культур, а сами они компактно располагаются в объеме теплицы. Однако экологическая безопасность оказывается превыше всего. Случайное повреждение светильника требует сложной работы по утилизации, а поэтому обращаться с данным источником света нужно крайне аккуратно. Ртутные светильники сильно нагреваются, поскольку их свет содержит много ультрафиолета.

Правильно обустроить теплицу очень важно. Прозрачные теплицы необходимо меньше освещать, чем те, в которые проникает мало солнечных лучей, и которым необходимо досвечивание. Для того чтобы растениям было комфортно, перед установкой источников света нужно сделать светотехнический расчет [4].

Для примера рассмотрим вариант замены светильников в теплице для выращивания растений (рассады): помещение размером 30×2,5 м, высота подвеса светильников – 3 м. Для определения типа, потребности, мощности, вида ламп используется специальная программа DIALux.

Проведем сравнительный анализ возможности использования светильников производства Ардатовского светотехнического завода с энергосберегающими лампами: светильник ФПП 03-20 с лампой КЛЛ 20 Вт; светильник ЛСП44 2х36 с лампами ЛЛ 72 Вт; светильник ДПО 46 2х11 со светодиодами 22 Вт. В качестве базового для сравнения светильников возьмем светильник НПП03-100-001 с лампой накаливания 100 Вт. Количество светильников, необходимое для получения требуемой освещенности рабочей поверхности, определим путем построения распределения изолюкс, учитывая отражения стен и пола. Расчеты выполним для освещенности – 50 лк.

На рисунке 1 показано распределение изолюкс при выполнении освещения помещения светильниками НПП03-100-001 при освещенности в 50 лк.

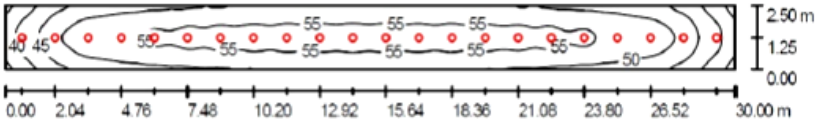


Рис. 1. Распределение изолюкс светильника НПП03-100-001 при освещенности в 50 лк

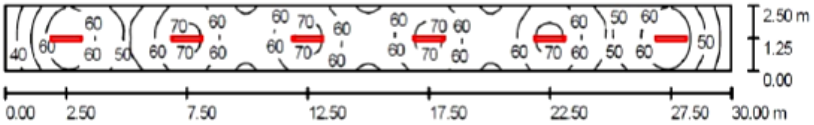


Рис. 2. Распределение изолюкс светильника ЛСП 44 2х36-012 при освещенности в 50 лк

На рисунке 2 показано распределение изолюкс при выполнении освещения помещения светильниками ЛСП 44 2х36-012 с ЛЛ 72 Вт при освещенности в 50 лк.

На рисунках 1 и 2 места установки светильников показаны точками и распределение освещенности на высоте 0,85 м от пола – линиями. На рисунках показано, что для получения равномерной освещенности 50 лк достаточно 22 светильника НПП 03 100 и получения равномерной освещенности 50 лк – 6 светильников ЛСП 44 2х36.

Результаты расчета количества светильников приведены в табл. 1.

Анализируя результаты расчета освещения помещения теплицы в табл. 1, делаем вывод о том, что целесообразнее использовать светильники с люминесцентными лампами, срок окупаемости которых составит 0,49 года [3].

1. Результаты расчета количества светильников для освещения теплицы

Тип светильника	Количество светильников, шт.	Потребляемая энергия за год, кВт·ч	Стоимость электрической энергии за год, тыс. руб.	Стоимость светильников с монтажом, тыс. руб.	Годовой экономический эффект, тыс. руб.	Срок окупаемости, год
ФПП 03 20-001	25	1752,0	7,53	32,78	25,61	1,28
ЛСП 44 2х36-012	6	1513,7	6,51	13,16	36,64	0,49
ДПО 46 2х11-604	14	1079,2	4,64	72,42	28,51	2,54
НПП 03 100-001	22	7708,8	33,15	25,54	–	–

К сожалению, процесс демеркуризации и утилизации данного вида светильников является проблемным среди предприятий агропромышленного комплекса. Это связано с отсутствием доступного способа переработки люминесцентных ламп, недостаточным информированием организаций о существующих местах сбора и дальнейшей утилизации ламп.

Исходя из вышеизложенного, можем сделать вывод о том, что на сегодняшний день утилизация и демеркуризация отработанных люминесцентных ламп является сложной комплексной проблемой. Если рассматривать конкретно аграрную Тамбовскую область, то, во исполнение Федерального закона Российской Федерации «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» №261-ФЗ от 23.11.2009 г., необходимо решить вопрос об организации сбора, транспортирования, временного хранения, демеркуризации и утилизации ртутьсодержащих ламп, предусмотреть создание действенных экономических механизмов и систем сбора отработанных компактных люминесцентных ламп от предприятий агропромышленного комплекса региона [1].

Список использованных источников

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федер. закон Российской Федерации № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. (с изм. и доп. от 26.07.2019 г.)

2. Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде : Постановление Правительства Российской Федерации № 681 от 03.09.2010 г. (с изм. и доп. от 01.10.2013 г.).

3. Тимошин, В. Н. Утилизация энергосберегающих ртутьсодержащих ламп / В. Н. Тимошин // Экология производства. – 2018. – № 5. – С. 49 – 51.

4. Ракутько, С. А. Энергоемкость как критерий оптимизации технологических процессов / С. А. Ракутько// Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2019. – № 12. – С. 54 – 56.

5. Мартынов, А. С. Приоритеты технологического развития светотехники – консолидированный обзор/ А. С. Мартынов, В. В. Семикашев. – М. : Из-во Норма, 2019. – С. 118.

References

1. On energy saving and energy efficiency improvement and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation : Federal

law of the Russian Federation № 261-FZ of 23.11.2009 (with ed. and an Addendum dated 26.07.2019).

2. On approval of the Rules for handling industrial and consumer waste in terms of lighting devices, electric lamps, improper collection, accumulation, use, neutralization, transportation and placement of which may cause harm to the life, health of citizens, harm to animals, plants and the environment : Resolution of the Government of the Russian Federation № 681 of 03.09.2010 (with ed. and extra from 01.10.2013 g.).

3. Timoshin, V. N. Utilization of energy-saving mercury-containing lamps / V. N. Timoshin // Production ecology. – 2018. – № 5. – P. 49 – 51.

4. Rakutko, S. A. energy Intensity as a criterion for optimizing technological processes / S. A. Rakutko // Mechanization and electrification of agriculture. – 2019. – № 12. – P. 54 – 56.

5. Martynov, A. S. Priorities of technological development of lighting engineering-consolidated review / A. S. Martynov, V. V. Semikashev. – M. : Izd-vo Norma, 2019. – P. 118.

УДК 634.11:338.43

Е. Н. Ткачев
(ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина, Мичуринск, Россия, e-mail: tkachev@fnc-mich.ru)

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ПЕРИОД ПОКОЯ ПЛОДОВЫХ РАСТЕНИЙ И ЕГО НЕИНВАЗИВНЫЙ ЭКСПРЕСС-МОНИТОРИНГ

Аннотация. Показаны основные изменения погодных условий и их влияние на прохождение периода покоя яблони. Приведены возможные способы неинвазивного мониторинга сроков начала и окончания глубокого покоя.

Ключевые слова: период покоя плодовых растений, система мониторинга, фотосинтетическая активность.

E. N. Tkachev
(I. V. Michurin Federal Scientific Center, Michurinsk, Russia)

THE INFLUENCE OF CHANGES IN WEATHER CONDITIONS ON THE DORMANCY OF FRUIT PLANTS AND ITS NON-INVASIVE EXPRESS MONITORING

Abstract. The main changes in weather conditions and their influence on the passage of the dormant period of the apple tree are shown. Possible methods of non-invasive monitoring of the timing of the beginning and end of endodormancy are presented.

Keywords: dormancy of fruit plants, monitoring system, photosynthetic activity.

В последнее время все чаще отмечается влияние изменений климатических условий на плодовые растения [1, 2]. В ходе наших исследований проведен анализ изменения погодных условий средней зоны садоводства России. Выявлены наиболее значимые для плодовых растений климатические изменения – это дестабилизация водно-температурного режима. Дестабилизация погодных условий выражается в усилении колебаний температуры и влажности [2].

Указанное вызвало, в том числе, изменение длительности и смещение сроков прохождения фенофаз: аномально раннее начало вегетации, смещение сроков цветения, затягивание вегетации в осенний период и др. В частности, для яблони, нами установлено изменение сроков прохождения глубокого покоя яблони – более позднее вхождение растений в состояние глубокого покоя, так и более раннее его окончание [2]. Все вышеизложенное приводит к усилению риска зимних повреждений растений яблони, вызванных абиотическими стрессорами.

Большинство сортов яблони, культивируемые в ЦЧР, были выведены во второй половине прошлого века, в связи с чем их наследственный потенциал в наибольшей степени приспособлен к климатическим условиям того периода. В связи с указанной выше дестабилизацией погодных условий в последние десятилетия плодовые растения не всегда адекватно реагирует на эти изменения.

В качестве модельных объектов исследований использовались деревья яблони осенних и зимних сортов, произрастающие в Мичуринском районе Тамбовской области. Для изучения сроков периода покоя были использованы 8-летние деревья яблони сортов: Лобо, Жигулевское, Мельба, Антоновка, Хони крисп, Лигол на подвое 62-396, произрастающие на территории интенсивного сада «ФНЦ им И. В. Мичурина».

Одним из важных показателей глубокого покоя является отсутствие роста растений в благоприятных условиях [3]. По данным многих исследователей, а также нашим наблюдениям, так называемые «классические методы» не всегда объективно отражают время вступления и выхода растений из состояния глубокого покоя [4, 5]. Так при дефолиации в летне-осенний период отрастание листьев может зависеть как от погодных условий этого времени, так и от степени удаления листьев на растении. При неблагоприятных погодных условиях – низкие или же высокие температуры воздуха, почвенная засуха и т.д., приводящие к вынужденному покою растений отрастания листьев может не произойти. Помимо этого, почки срезанных ветвей в зимний период могут распускаться раньше, чем на целых растениях или же не

распускаться вовсе из-за других факторов, таких как повреждения морозом, низкой влажности воздуха в помещении и т.д.

В связи с чем, нами для оценки сроков прохождения глубокого покоя был применен анализ динамики фотосинтетической активности хлорофиллсодержащих тканей ветвей. В летний период деревья имели высокие характеристики фотосинтетической активности в тканях ветвей. Значительное снижение данного показателя у растений всех сортов произошло в середине октября (рис. 1). Эти данные могут свидетельствовать о перестройке растений в результате воздействия мороза и проходящими процессами перехода в глубокий покой и закалки тканей.

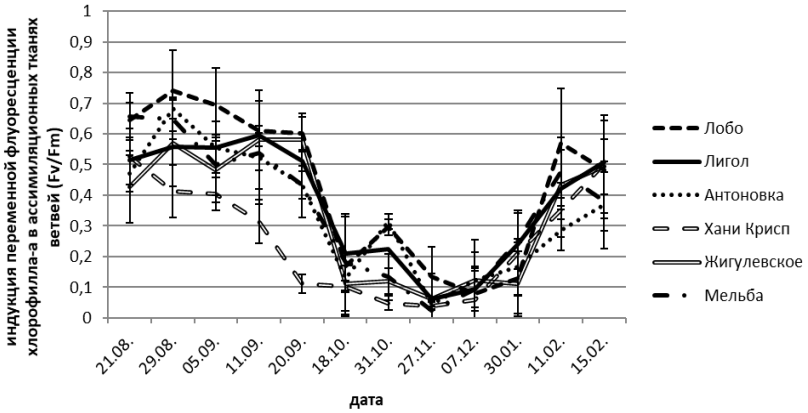


Рис. 1. Фотосинтетическая активность в тканях ветвей в полевых условиях

Нами проводились измерения ветвей параллельно в саду и в лабораторных условиях после срезки. Согласно полученным данным, при измерении флуоресценции хлорофилла ветвей яблони через кору можно сделать вывод, что основная динамика этого показателя при переходе в глубокий покой происходит в полевых условиях. Срезанные ветви растений, помещенные в благоприятные условия, в помещении не претерпевают значительных изменений в уровнях флуоресценции с течением времени.

Таким образом, можно отметить, что дестабилизация погодных условий приводит к изменению ритмики прохождения фенофаз яблони. С целью анализа сроков прохождения периода покоя, весьма перспек-

тивной является неинвазивная регистрация фотосинтетической активности в тканях ветвей. Для объективной оценки измерения следует проводить непосредственно в саду или же сразу после срезки ветвей.

Список использованных источников

1. Campoy, J. A. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: A review / J. A. Campoy, D. Ruiz, J. Egea // Scientia Horticulturae. – 2011. – 130(2). – P. 357 – 372.

2. Ткачев, Е. Н. Глубокий покой многолетних плодовых растений в современных климатических условиях / Е. Н. Ткачев // Лесные экосистемы в условиях меняющегося климата: проблемы и перспективы : материалы международной научно-технической юбилейной конференции. – Воронеж, 2015. – С. 245 – 247.

3. Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field crop production in Finland / P. Peltonen-Sainio, L. Jauhiainen, K. Hakala, H. Ojanen // Agr. Food Sci. – 2009. – 18. – P. 171 – 190.

4. Нестеров, Я. С. Период покоя плодовых культур / Я. С. Нестеров. – М. : Сельхозиздат, 1962. – С. 95 – 101.

5. Arora, R. Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age / R. Arora, L. J. Rowland, K. Tanino // HortScience. – 2003. – P. 911 – 921.

References

1. Campoy, J. A. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: A review / J. A. Campoy, D. Ruiz, J. Egea // Scientia Horticulturae. – 2011. – 130(2). – P. 357 – 372.

2. Tkachev, E. N. Endodormancy of perennial fruit plants in modern climatic conditions / E. N. Tkachev // Forest ecosystems in a changing climate: problems and prospects : materials of the international scientific and technical anniversary conference. – Voronezh, 2015. – P. 245 – 247.

3. Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field crop production in Finland / P. Peltonen-Sainio, L. Jauhiainen, K. Hakala, H. Ojanen // Agr. Food Sci. – 2009. – 18. – P. 171 – 190.

4. Nesterov, Ya. S. Dormancy of fruit crops / Ya. S. Nesterov. – M. : Selhozizdat, 1962. P. 95 – 101.

5. Arora, R. Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age / R. Arora, L. J. Rowland, K. Tanino // HortScience. – 2003. – P. 911 – 921.

УДК 621.391.8

Ю. А. Белевская, А. П. Фисун, А. Б. Басукинский, Р. А. Фисун
(ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет
им. И. С. Тургенева», кафедра «Информационная безопасность»,
Орел, Россия;
Управление по Воронежской области,
Филиал ФГУП «Главный радиочастотный центр» в ЦФО,
Воронеж, Россия;
Отделение по Смоленской области Главного управления ЦБ России,
Отдел информационной безопасности, Смоленск, Россия,
e-mail: fisun11@yandex.ru, belevskaya.ua@gmail.com)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОТКРЫТЫХ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация. Обоснована политика оценки эффективности системы контроля экологической безопасности открытых социотехнических систем, средства, оборудование, комплексы и мероприятия обеспечения экологической безопасности.

Ключевые слова: социотехнические системы, контроль экологической безопасности, информационно-телекоммуникационные сети, радиоэлектронные средства, средства, оборудование, комплексы, мероприятия обеспечения экологической безопасности.

Yu. A. Belevska, A. P. Fisun, A. B. Basukinsky, R. A. Fisun
(Orel State University named after I. S. Turgenev,
Department of Information Security, Orel, Russia;
Department for the Voronezh region, Branch of the FSUE “Main Radio Frequency Center” in the Central Federal District, Voronezh, Russia;
Smolensk Region Department of the Central Bank of Russia,
Information Security Department, Smolensk, Russia)

MODELING THE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE ENVIRONMENTAL SAFETY CONTROL SYSTEM OF OPEN SOCIO-TECHNICAL SYSTEMS

Abstract. The policy of evaluating the effectiveness of the environmental safety control system of open sociotechnical systems, tools, equipment, complexes and measures to ensure environmental safety is justified.

Keywords: sociotechnical systems, environmental safety control, information and telecommunication networks, radio-electronic means, means, equipment, complexes, measures to ensure environmental safety.

Современные открытые социотехнические системы (ОСТС) представляют собой информационно-телекоммуникационные сети (ИТКС) общего пользования и специального назначения, функционирующие на основе современных информационных технологий (ИКТ), включающих в качестве одного из составных компонентов радиоэлектронные средства (РЭС), являющиеся источником излучения высокочастотных электромагнитных полей, оказывающих негативное воздействие на экологическую безопасность окружающей среды, прежде всего человека. Решение задачи развития эффективной системы обеспечения экологической безопасности (СОЭБ) таких ОСТС современного, информационного общества (ИО) связано с обеспечением эффективности соответствующих средств экологического контроля (СЭК) РЭС ИТКС [1 – 3] на основе выбора и комплексирования оборудования СЭК, методов, методик количественной оценки СОЭБ и инструментального измерения показателей средств, оборудования, комплексов, мероприятий (СОКМ) обеспечения ЭБ РЭС ИТКС ОСТС и соответствующей их оценки, позволяющих решать задачи: перспективного, текущего планирования, использования, разработки, модернизации СОКМ обеспечения ЭБ РЭС ИТКС, оценки их эффективности; разработки требований к параметрам СОКМ обеспечения ЭБ РЭС ИТКС; оценки влияния угроз ЭБ и эффективности СОКМ; оценки соблюдения требований норм права, регулирующего вопросы обеспечения СОКМ обеспечения ЭБ РЭС ИТКС перспективного их развития, изменения и в целом для обеспечения ЭБ окружающей среды, общества, граждан, государства в условиях глобального разрушающего воздействия угроз ЭБ РЭС ИТКС ОСТС современного информационного общества (ИО), защиты его национальных интересов [1 – 3].

Решение задач оценки эффективности контроля является взаимосвязанной системой задач: обнаружения фактов проявления, воздействия и реализации угроз; прогнозирования, распознавания, определения, идентификации и измерения значений показателей и параметров угроз ЭБ, с учетом их детерминированных и стохастических признаков [1 – 3]. Тогда задача оценки эффективности функционирования СОЭБ может быть сведена к задаче выбора, разработки вероятностных методов, способов и соответствующих интегрального (ИП), комплексных (КП), частных показателей (ЧП), параметров и критериев количественной оценки, характеризующей результаты контроля ЭБ (КЭБ), эффективность СОЭБ в заданный временной период.

Первоочередной ставится задача определения ИП СОКМ СОЭБ основе представления процесса КЭБ целевой функцией, описывающей этот процесс, количественные значения которой зависят от значений

параметров и показателей функционирования СОКМ СОЭБ СТС и их оценка по заданным критериям, принятым действующими нормативными правовыми актами (КН). Такая оценка может отражать эффективность СОЭБ принятых управляющих воздействий по прогнозированию, предупреждению или ликвидации последствий угроз ЭБ, где состояние каждого объекта СОЭБ, представленного параметрами и показателями СОКМ ИТКС ОТС s_m, может быть представлено комбинацией признаков соответствия $\delta_m(n)$ оцененных значений каждым КН, $e_m(n)$ области своих допустимых значений $E_m(n)$.

Учитывая случайный характер внешних и внутренних угроз СОКМ, в различное время t, могут изменяться показатели функционирующих СОКМ. Каждый объект, представляемый этими показателями, будет представлять систему $S_m(t)$ с конечным числом состояний K_m и распределением вероятностей $p_{m,k}(t)$ по этим состояниям с учетом КН, что дает достоверную оценку. При эргатических ошибках 1-го, 2-го рода по учету внешних и внутренних угроз ЭБ, использования не КН, оценивается состояние неопределенности контролируемых СОКМ. Эффективность результатов КЭБ определяется энтропией $H(t)$), через свертку значений на множестве принятых контролируемых показателей функционирования СОКМ, представляющих объекты, M, принятые КН оценки N_m каждого из СОКМ и их компонентов и результаты инструментальных оценок с учетом КН, $\delta_m(n)$.

Количественные значения неопределенности состояния каждого компонента СОКМ, контролируемой группировки из M, определяют содержание процесса КЭБ, в том числе: его непрерывность, неотрицательность; равенство нулю при вероятности одного состояния равной 1 и всех параметров СОКМ на конкретный момент времени t оцененный без ошибок; возрастание значения оценки при увеличении числа возможных состояний СОКМ; максимальное значение $H_{\max} = N$, при равной вероятности всех состояний СОКМ; полноту описания ансамблем его аргументов всех возможных состояний СОКМ, наличия или отсутствия достоверных результатов измерений показателей и параметров с учетом принятых КН.

Степень риска ошибочно принятых решений СКЭБ определяется состоянием показателей СОКМ, полученных при контроле, достоверностью принятия СКЭБ правильного решения о состоянии контролируемых параметров с учетом условия, что динамика изменений состояний показателей и параметров СОКМ представляется случайным полумарковским процессом. На практике аналитические выражения для определения вероятности $p_{m,k}(t)$ получаются введением

ограничений в процессе учета динамики показателей состояний объектов СОКМ.

При прочих равных условиях исходных данных, определяющими факторами полноты оценок ЭБ являются производительность средств СКЭБ и соответствующая ей полнота, достоверность информации СКЭБ, обеспечение СКЭБ измерение заданного КН объема контролируемых показателей СОКМ.

Список использованных источников

1. Теоретические основы информатики и информационная безопасность : монография / А. П. Фисун, В. А. Минаев, В. Н. Саблин и др. ; под ред. д-ра техн. наук, проф. В. А. Минаева, В. Н. Саблина. – М. : Радио и связь, 2000. – 468 с.

2. Актуальные теоретические и технологические аспекты информатики : монография. – В 3-х т. Т. 1: Методологические основы информатики / А. П. Фисун, В. А. Минаев, Ю. А. Белевская и др. ; под ред. д-ра техн. наук А. П. Фисуна, д-ра техн. наук, проф. В. А. Минаева. – Орел : Изд-во ОГУ, ОрелГТУ, 2011 – 234 с.

3. Рембовский, А. М. Радиомониторинг: задачи, методы, средства / А. М. Рембовский, А. В. Ашихмин, В. А. Козьмин ; под. ред. А. М. Рембовского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Горячая линия – Телеком, 2001. – 640 с.

References

1. Theoretical foundations of computer science and information security : monograph / A. P. Fisun, V. A. Minaev, V. N. Sablin and others. ; Edited by doctor of technical Sciences, Professor V. A. Minaev, V. N. Sablina. – Moscow : Radio and communications, 2000. – 468 p.

2. Current theoretical and technological aspects of computer science : monograph. – In 3 volumes. V. 1: Methodological foundations of Informatics / A. P. Fisun, V. A. Minaev, Yu. A. Belevskaya and others. ; Under the editorship of Professor A. P. Fisun, V. A. Minaeva. – Eagle : Izd-vo OGU, OrelGTU, 2011. – 234 p.

3. Rembovsky, A. M. Radiomonitoring: tasks, methods, tools / A. M. Rembovsky, A. V. Ashikhmin, V. A. Kozmin ; ed. by A. M. Rembovsky. – 3rd ed., reprint. and add. – M. : Hotline-Telecom, 2001. – 640 p.

УДК 616-71

С. В. Фролов, Т. А. Фролова, А. Ю. Потлов
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Биомедицинская техника», Тамбов, Россия,
e-mail: sergej.frolov@gmail.com)

МЕТОД И АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ОКСИГЕНАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ СПЕКТРОСКОПИИ БЛИЖНЕГО ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА

Аннотация. Представлен метод оценки среднего уровня оксигенации сильно рассеивающих биологических тканей. Описаны особенности алгоритма поиска наиболее и наименее оксигенированных участков исследуемой биологической ткани. Приведены рекомендуемые длины волн зондирующего излучения.

Ключевые слова: оксигенация, биологическая ткань, сильно рассеивающая среда, спектроскопия, ближний инфракрасный диапазон.

S. V. Frolov, T. A. Frolova, A. Yu. Potlov
(Tambov State Technical University,
Department of Biomedical Engineering, Tambov, Russia)

METHOD AND ALGORITHM FOR EVALUATION OF THE BIOLOGICAL TISSUES OXYGENATION BASED ON NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY

Abstract. A method for evaluation of the oxygenation for turbid biological tissues was presented. The key features of the algorithm for estimation of the most and least oxygenated regions of the biological tissue under study was described. Optimal wavelengths for sensing radiation was given.

Keywords: oxygenation, biological tissue, turbid media, spectroscopy, near-infrared region of the electromagnetic spectrum.

В спектрах поглощения окси- и дезоксигемоглобина присутствует изобестическая точка (805 нм), ниже которой значение коэффициента поглощения дезоксигемоглобина существенно превышает значение коэффициента поглощения оксигемоглобина, а выше – наблюдается обратная ситуация [1]. Эта биофизическая особенность позволяет использовать спектроскопию ближнего инфракрасного диапазона для функциональной диагностики, в частности, для оценки уровня оксигенации мягких биологических тканей [2]. Однако интегральная характеристика уровня оксигенации для всего исследуемого объема биологической ткани не очень удобна, существенно больший клинический интерес представляет поиск и визуализация участков исследуемой

биологической ткани с повышенным или пониженным относительно среднего уровнем оксигенации [3].

Целью проводимых исследований является создание метода функциональной визуализации на основе спектроскопии ближнего инфракрасного диапазона, позволяющего осуществлять быструю локализацию наиболее и наименее оксигенированных (или дезоксигенированных) участков головного мозга и других мягких биологических тканей.

Для достижения поставленной цели был разработан специальный метод, включающий в себя следующий этапы:

I) На исследуемый участок биообъекта надевается слабоотражающий эластичный браслет с портами инжектирования и детектирования излучения.

II) 3D-камера делает снимки исследуемого объекта, на основании которых формируется его геометрическая модель.

III) Исследуемый объект зондируется одиночным импульсом излучения из первого терапевтического окна прозрачности биологических тканей (НИР I, 700…900 нм), таким образом, чтобы средняя длина волны была выше изобестической точки.

IV) Производится приближенный расчет значений оптических параметров исследуемой ткани [2], исходя из экспоненциального закона Бугера-Ламберта-Бера.

V) Вычисляется индекс неоднородности исследуемой биологической ткани [3].

VI) Индекс неоднородности преобразуется в ступенчатую функцию [3].

VII) Производится решение обратной задачи распространения инфракрасного излучения с известной длиной волны в исследуемом объекте. Причем алгоритм решения обратной задачи локализует только поглощающие неоднородности, а начальное приближение к решению обратной задачи формируется на основе анализа ступенчатой функции [3].

VIII) Исследуемый объект зондируется одиночным импульсом излучения из первого терапевтического окна прозрачности биологических тканей (НИР I, 700…900 нм) таким образом, чтобы средняя длина волны была ниже изобестической точки.

IX) Повторно выполняются этапы IV – VII.

X) Приближенные значения оптических параметров исследуемой ткани усредняются, на их основании формируется фоновое изображение.

XI) Результаты локализации поглощающих неоднородностей на двух длинах волн преобразуются в картограммы наиболее оксигенированных (длина волны выше изобестической точки) и дезоксигениро-

ванных (длина волны ниже изобестической точки) участков исследуемого объекта.

XII) Полученные картограммы комплексируются с фоновым изображением и выводятся пользователю.

Предложенные метод и алгоритм локализации оксигенированных и дезоксигенированных участков исследуемой мягкой биологической ткани были практически реализованы в среде LabVIEW. Компьютерные эксперименты показали, что достоверность однократной локализации оксигенированных и дезоксигенированных участков для фантомов биологических тканей составила > 81%, а быстродействие однократной локализации порядка 9,5 секунд, что соответствует диалоговому режиму работы [3]. Указанной эффективности вычислений удалось добиться при сочетании следующих длин волн зондирующего излучения: 760 нм (поиск дезоксигенированных участков) и 850 нм (поиск оксигенированных участков). Дальнейшее развитие предложенных решений будет включать в себя использование дополнительных источников излучения на длинах волн 350 нм (для селекции излучения анатомических структур мозга человека от мощного сигнала покровных тканей) и 980 нм (для оценки абсолютной концентрации компонентов крови).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (*РФФИ*)*, проект № 18-01-00786 А.*

Список использованных источников

1. Duan, L. Spectral clustering-based resting-state network detection approach for functional near-infrared spectroscopy / L. Duan, X. Mai // Biomedical Optics Express. – 2020. – V. 11, Is. 4. – P. 2191 – 2204.

2. Потлов, А. Ю. Численное моделирование миграции фотонов в однородных и неоднородных цилиндрических фантомах / А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, С. Г. Проскурин // Оптика и спектроскопия. – 2020. – Т. 128. – Р. 835 – 842.

3. Потлов, А. Ю. Методика нейровизуализации с использованием метода диффузной оптической томографии с временным разрешением и алгоритма локализации неоднородностей / А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, С. Г. Проскурин // Труды SPIE (Оптические и нанотехнологии для биологии и медицины). – 2019. – Т. 11065. – Ст. № 110650Z.

References

1. Duan, L. Spectral clustering-based resting-state network detection approach for functional near-infrared spectroscopy / L. Duan, X. Mai // Biomedical Optics Express. – 2020. – V. 11, Is. 4. – P. 2191 – 2204.

2. Potlov, A. Yu. Numerical Simulation of Photon Migration in Homogeneous and Inhomogeneous Cylindrical Phantoms / A. Yu. Potlov, S. V. Frolov, S. G. Proskurin // Optics and Spectroscopy. – 2020. – V. 128. – P. 835 – 842.

3. Potlov, A. Yu. Neuroimaging technique using time-resolved diffuse optical tomography and inhomogeneity localization algorithm / A. Yu. Potlov, S. V. Frolov, S. G. Proskurin // Proceedings of SPIE (Optical and Nano-Technologies for Biology and Medicine). – 2019. – V. 11065. – Art. No. 110650Z.

УДК 616-71

С. В. Фролов, Т. А. Фролова, А. Ю. Потлов
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Биомедицинская техника», Тамбов, Россия, e-mail: sergej.frolov@gmail.com)

МЕТОД И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ СИГНАЛОВ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ В БИОМЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЯХ КОМПРЕССИОННОЙ ЭЛАСТОГРАФИИ

Аннотация. Представлен метод оценки механических свойств биологических тканей. Предложенный метод базируется на обработке исходных данных оптической когерентной томографии. Отдельные алгоритмы позволяют вычислять величины модуля Юнга и коэффициента Пуассона для исследуемой биологической ткани.

Ключевые слова: оптическая когерентная томография, компрессионная эластография, биологические ткани, интерференционный сигнал, тканеимитирующий фантом.

S. V. Frolov, T. A. Frolova, A. Yu. Potlov
(Tambov State Technical University, Department of Biomedical Engineering, Tambov, Russia)

METHOD AND ALGORITHMS FOR DIGITAL PROCESSING OF INTERFERENCE SIGNALS OF OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS OF COMPRESSION ELASTOGRAPHY

Abstract. A method for evaluation of the mechanical properties of biological tissues was presented. The proposed method is based on the digital processing of the raw data of optical coherence tomography. Group of algorithms allow calculating the values of Young's modulus and Poisson's ratio for the biological tissue under study.

Keywords: optical coherence tomography, compression elastography, biological tissues, interference signal, tissue-equivalent phantom.

Диагностические возможности метода оптической когерентной томографии (ОКТ) могут быть существенно расширены за счет использования выносного, сменного плеча образца (зонды для эндоскопических или интраваскулярных исследований), а также режимов оценки механических свойств исследуемого объекта. В большинстве случаев оценка величин модуля Юнга, коэффициента Пуассона, модуля сдвига и т.п. требует оказания на исследуемый объект управляемого деформирующего воздействия [1]. Однако в ряде случаев в качестве деформирующих воздействий можно использовать физиологичные движения самого исследуемого объекта или его отдельных частей. Например, в задачах интраваскулярной диагностики в качестве деформирующего воздействия целесообразно использовать пульсовую волну. Такой подход, с одной стороны, – снижает вероятность случайного повреждения исследуемого объекта, а с другой стороны – упрощает конструкцию устройства для компрессионной эластографии на основе интраваскулярной ОКТ [2].

Целью проводимых исследований является создание метода высокоточной оценки биомеханических свойств стенок кровеносных сосудов (в первую очередь церебральных артерий с аневризмами) на основе интраваскулярной оптической когерентной эластографии.

Для достижения поставленной цели был разработан специальный метод, включающий в себя следующий этапы:

I) Интраваскулярный зонд ОКТ-системы, совмещенный с инвазивным датчиком кровяного давления, вводится в исследуемый кровеносных сосуд через разрез на бедренной артерии.

II) Осуществляется получение серии структурных ОКТ-изображений заданного участка исследуемого кровеносного сосуда. Причем одновременно получают сведения о величине кровяного давления в исследуемом сосуде.

III) Осуществляется выбор, по меньшей мере, одного структурного ОКТ-изображения, соответствующего моменту диастолы, и по меньшей мере одного ОКТ-изображения в момент систолы.

IV) Вычисляется величина деформирующего воздействия пульсовой волны [3].

V) Выбранные структурные ОКТ-изображения очищаются от шумов и артефактов.

VI) Определяются контрольные точки на выбранных структурных ОКТ-изображения.

VII) Контрольные точки группируются в пары.

VIII) Выполняются алгоритмы анализа величины продольных и поперечных смещений в стенке исследуемого кровеносного сосуда по контрольным точкам [3].

IX) Вычисляются продольные и поперечные размеры деформируемой области [3].

X) Производится оценки основных биомеханических характеристик исследуемого объекта по следующим формулам:

$$E \approx \frac{lk_{norm}(P_{SYS} - P_{DIA})}{\Delta l} \quad \text{и} \quad \mu \approx \left| \frac{l\Delta d}{d\Delta l} \right|,$$

где E – модуль Юнга; l – продольный размер деформируемой области, k_{norm} – коэффициент нормальной составляющей деформирующего воздействия; P_{SYS} – кровяное давление в момент систолы; P_{DIA} – кровяное давление в момент диастолы; Δl – величина продольного смещения; μ – коэффициент Пуассона; d – поперечный размер деформируемой области; Δd – величина поперечного смещения.

Расчетная часть предложенного метода оценки величины модуля Юнга для стенок церебральных артерий с аневризмами была практически реализована с использованием пакета программ LabVIEW. Достоверность оценки модуля Юнга и коэффициента Пуассона по предложенному методу составляет более 90%, что вполне достаточно для использования в реальной клинической практике [2, 3]. Дальнейшие исследования будут направлены на переход от количественной оценки биомеханических свойств стенки кровеносного сосуда к количественной оценке вероятности ее разрыва в привязке к временным интервалам (годичная, пятилетняя и т.п. вероятности) и диапазону значений кровяного давления (оценка устойчивости к вероятным скачкам давления).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (*проект № 16-15-10327*).

Список использованных источников

1. Perspectives and advances in optical elastography / J. P. Rolland, F. Zvietcovich, G. R. Ge, K. J. Parker // Proceedings of SPIE (Optical Elastography and Tissue Biomechanics). – 2019. – V. 10880. – Art. No. 108800G.

2. Фролов, С. В. Система эндоскопической оптической когерентной томографии с повышенной точностью позиционирования зонда / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов // Биомедицинская инженерия. – 2019. – Т. 53(1). – Р. 6 – 10.

3. Компрессионная эластография и эндоскопическая оптическая когерентная томография для оценки биомеханических свойств стенок церебральных артерий с аневризмами и их фантомами / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, Т. А. Фролова, С. Г. Проскурин // Материалы конференции AIP. – 2019. – Т. 2140. – Ст. № 020020.

References

1. Perspectives and advances in optical elastography / J. P. Rolland, F. Zvietcovich, G. R. Ge, K. J. Parker // Proceedings of SPIE (Optical Elastography and Tissue Biomechanics). – 2019. – V. 10880. – Art. No. 108800G.

2. Frolov, S. V. An Endoscopic Optical Coherence Tomography System with Improved Precision of Probe Positioning / S. V. Frolov, A. Yu. Potlov // Biomedical Engineering. – 2019. – V. 53(1). – P. 6 – 10.

3. Compression elastography and endoscopic optical coherence tomography for biomechanical properties evaluation of cerebral arteries walls with aneurysm and their phantoms / S. V. Frolov, A. Yu. Potlov, T. A. Frolova, S. G. Proskurin // AIP Conference Proceedings. – 2019. – V. 2140. – Art. No. 020020.

УДК 632.03

С. В. Фролов, Т. А. Фролова, А. Ю. Потлов
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Биомедицинская техника», Тамбов, Россия,
e-mail: sergej.frolov@gmail.com)

МЕТОД И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ СИГНАЛОВ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ В ЗАДАЧАХ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СЕМЯН И ПЛОДОВ

Аннотация. Представлен метод повышения качества структурных изображений оптической когерентной томографии. Предложенный метод базируется на многоуровневой обработке исходных данных. Перспективным направлением для использования полученных результатов является неразрушающий контроль семян и плодов.

Ключевые слова: оптическая когерентная томография, неразрушающий контроль, морфологическая обработка, интерференционный сигнал, сельское хозяйство.

S. V. Frolov, T. A. Frolova, A. Yu. Potlov
(Tambov State Technical University,
Department of Biomedical Engineering, Tambov, Russia)

METHOD AND ALGORITHM FOR DIGITAL PROCESSING OF INTERFERENCE SIGNALS OF OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING OF SEEDS AND FRUITS

Abstract. A method for improving the quality of structural images of optical coherence tomography was presented. The proposed method is based on multilevel digital processing of raw data. A promising direction for scientific results usage is non-destructive testing of seeds and fruits.

Keywords: optical coherence tomography, non-destructive testing, morphological digital processing, interference signal, agriculture.

Оптическая когерентная томография (ОКТ) представляет собой интерферометрический метод медицинской визуализации и неразрушающего контроля [1]. Структурные изображения исследуемого биообъекта строятся на основе его зондирования низкокогерентным излучением с последующим детектированием и анализом результатов интерференции волн опорного плеча и плеча образца. Такой подход обеспечивает высокое пространственное разрешение получаемых структурных изображений, но относительно небольшую глубину визуализации (до 2,5 мм) и существенный уровень спекл-шумов. В связи с этим актуальными являются исследования, направленные на повышения качества получаемых изображений за счет увеличения глубины когерентного зондирования (т.е. глубины визуализации) и за счет снижения уровня спекл-шумов [2]. Повышение глубины когерентного зондирования, как правило, достигается посредством модификации аппаратной части ОКТ-системы, что чаще всего приводит к удорожанию оборудования. Уменьшение пятнистости не характеризующей реальное оптическое строение исследуемого биологического объекта (т.е. спекл-структур или спекл-шумов) на ОКТ-изображениях возможно программными методами [3].

Целью проводимых исследований является создание метода получения структурных ОКТ-изображений с повышенным за счет многоуровневой обработки качеством.

Для достижения поставленной цели был разработан специальный метод, включающий в себя следующие этапы:

I) Получение интерференционных сигналов, достаточных для построения, по меньшей мере, одного структурного ОКТ-изображения.

II) Выполнение предварительной обработки структурного ОКТ-изображения (полосовая фильтрация и гамма-коррекция).

III) Дублирование результатов обработки.

IV) Повышение контраста мелких деталей на копии предварительно обработанного ОКТ-изображения посредством свертки со специально подобранным ядром конволюции.

V) Предварительная локализация спекл-структур на копии ОКТ-изображения с помощью порогового ограничения.

VI) Восстановление формы спекл-структур в виде выпуклых оболочек.

VII) Формирование массива данных с наиболее характерными для данного случая формой и размерами спекл-структур.

VIII) Многократное выполнение операции морфологической эрозии для копии структурного ОКТ-изображения структурными элементами из массива данных [2, 3].

IX) Многократное выполнение операции морфологического расширения [2, 3] для копии структурного ОКТ-изображения структурными элементами с формой и размерами, обратными для использованных на предыдущем этапе (VIII).

X) Частичное комплексирование предварительно обработанного структурного ОКТ-изображения (фон) с копией того же ОКТ-изображения подвергшейся морфологической обработке.

XI) Сглаживание комплексированного структурного ОКТ-изображения, и его последующая визуализация пользователю.

Морфологическая обработка является основой предложенного метода. Алгоритм многократной морфологической эрозии позволяет обнаружить и удалить (обнулить) спекл-шумы со структурных ОКТ-изображений исследуемого объекта с относительно небольшими потерями полезного сигнала. Алгоритм многократного морфологического расширения заполняет обнуленные пиксели аппроксимированным полезным сигналом [3].

Представленный метод был практически реализован в виде программного продукта с использованием среды разработки LabVIEW. Практическое использование предложенных метода и алгоритмов на биомедицинских сельскохозяйственных объектах показало устойчивое повышение отношения сигнал/шум и контраста получаемых структурных ОКТ-изображений в среднем составившее, соответственно, 24 и 32,5%.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (*РФФИ*), *проект № 18-01-00786 А.*

Список использованных источников

1. Elucidation of microstructural changes in leaves during senescence using spectral domain optical coherence tomography / A. Tulsi, C. Sandeep, C. Chia-Yi, S. Vishal, C. Arthur, K. Wen-Chuan // Scientific Reports. – 2019. – V. 9. – Art. No. 1167.

2. Потлов, А. Ю. Алгоритм снижения спекл-шума в структурной визуализации эндоскопической оптической когерентной томографии / А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, С. Г. Проскурин // Труды SPIE (Оптические нанотехнологии для биологии и медицины). – 2018. – Т. 11065. – Ст. № 110650W.

3. Потлов, А. Ю. Визуализация анатомических структур биологических тканей методом оптической когерентной томографии с цифровой обработкой морфологических данных / А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, С. Г. Проскурин // Биомедицинская инженерия. – 2020. – Т. 54, № 1. – Р. 9 – 13.

References

1. Elucidation of microstructural changes in leaves during senescence using spectral domain optical coherence tomography / A. Tulsi, C. Sandeep, C. Chia-Yi, S. Vishal, C. Arthur, K. Wen-Chuan // Scientific Reports. – 2019. – V. 9. – Art. No. 1167.

2. Potlov, A. Yu. An algorithm for speckle noise reduction in endoscopic optical coherence tomography structural imaging / A. Yu. Potlov, S. V. Frolov, S. G. Proskurin // Proceedings of SPIE (Optical and Nano-Technologies for Biology and Medicine). – 2018. – V. 11065. – Art. No. 110650W.

3. Potlov, A. Yu. Visualization of Anatomical Structures of Biological Tissues by Optical Coherence Tomography with Digital Processing of Morphological Data / A. Yu. Potlov, S. V. Frolov, S. G. Proskurin // Biomedical Engineering. – 2020. – V. 54, № 1. – P. 9 – 13.

УДК 634.11:631.81

Е. М. Цуканова
(ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина»,
Мичуринск, Россия, e-mail: Elenam31@yandex.ru)

РАСЧЕТ СТЕПЕНИ СТРЕССОРНОСТИ ВОДНО-ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПЕРИОДА ВЕГЕТАЦИИ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ РИСКА ЗИМНИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПЛОДОВЫХ РАСТЕНИЙ

Аннотация. Рассмотрена возможность оценки риска зимних повреждений плодовых растений (на примере яблони) методом расчета степени стрессорности водно-температурного режима периода вегетации. Приведены формулы расчета и градационные критерии.

Ключевые слова: мониторинг, стресс, водно-температурный режим, плодовые растения, повреждение.

E. M. Tsukanova
(I. V. Michurin Federal Scientific Center, Michurinsk, Russia)

CALCULATION OF THE DEGREE OF STRESS IN THE WATER-TEMPERATURE REGIME OF THE GROWING SEASON AS A METHOD FOR ASSESSING THE RISK OF WINTER DAMAGE TO FRUIT PLANTS

Abstract. The article considers the possibility of assessing the risk of winter damage to fruit plants (on the example of an apple tree) by calculating the degree of stress in the water-temperature regime of the growing season. Calculation formulas and gradation criteria are given.

Keywords: monitoring, stress, water-temperature regime, fruit plants, damage.

Климат является одним из основных лимитирующих факторов при определении пригодности территорий для возделывания той или иной плодовой культуры, причем к наиболее значимым климатическим показателям для сельскохозяйственного производства следует отнести водно-термический режим территории, а, учитывая его существенную дестабилизацию, показатель дисперсии суточных температур воздуха является одним из определяющих для разработки метода расчета степени стрессорности водно-температурного режима искомого периода [2 – 4].

Известно, что физиологическое состояние многолетних растений складывается из баланса положительных и отрицательных воздействий, причем каждый из периодов накладывает на физиологические

процессы, происходящие в растениях свой отпечаток [1, 3]. В частности, установлено, что степень риска зимних повреждений плодовых растений зависит от двух основных факторов: степени стрессорности водно-температурного режима всего периода вегетации (от начала вегетации – апрель до вхождения в состояние покоя – ноябрь) и величины интегрального показателя физиологического состояния растений (средневегетационный показатель фотосинтетической активности хлорофиллсодержащих тканей – Fv/Fm) в период подготовки и вхождения в состояние покоя [2, 4].

Мониторинг водно-температурного режима территории, физиологического состояния и фенотипических проявлений негативной реакции растений (на примере яблони) позволили установить критические значения параметров температурного и водного режима апреля – ноября, а также их наиболее опасные сочетания, ослабляющие сопротивляемость растения и определяющие риск повреждений в зимний период:

- Резкое понижение температуры воздуха (до отрицательных значений) в 3 декаде апреля–мае.
- Низкие среднесуточные температуры воздуха (не выше 13…18 °С) в мае–июне.
- Переувлажнение: количество осадков в июне, июле, августе (превышение среднемноголетней нормы не менее, чем на 30%).
- Засуха: количество осадков в июне, июле, августе (ниже среднемноголетней нормы не менее чем на 30%).
- Высокие температуры воздуха (более чем на 10 °С превышающие среднемноголетние значения) на фоне оптимальной (не ниже 60%) влажности воздуха в сентябре.
- Резкое понижение температуры в октябре–ноябре (перепад до 20…25 °С не более чем за 48 ч.) или длительное понижение температуры воздуха (не менее –10 °С) при отсутствии снежного покрова.

Для удобства анализа степени стрессорности погодных условий нами были разработаны «коэффициенты стрессорности» (К), основанные на степени напряженности совокупности повреждающих факторов каждого периода в годовом цикле растений. Месяцы годичного цикла, включенные в каждый из коэффициентов, распределены относительно фенофаз развития плодовых растений:

- Коэффициент 1 – стрессорности сентября – ноября (соответствует периоду подготовки и входа растений в состояние покоя).
- Коэффициент 2 – стрессорности декабря – февраля (соответствует периоду глубокого и вынужденного покоя).
- Коэффициент 3 стрессорности марта–апреля (соответствует периоду выхода из вынужденного покоя и начала вегетации).

- Коэффициент 4 – стрессорности мая–июня (соответствует периоду цветения, завязывания плодов и закладки урожая будущего года).
- Коэффициент 5 – стрессорности июля–августа (соответствует периоду полного формирования урожая текущего года и накопления запасных веществ для формирования и сохранения урожая будущего года, а также, для сопротивления стрессорам зимнего периода).

Каждый из коэффициентов рассчитывается по разработанным формулам. Так, например, степень стрессорности погодных условий поздне-осеннего периода ($К_{по}$) рассчитывается следующим образом:

$$(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7)/Y = К_{по},$$

где X_1 – количество дней в октябре–ноябре со среднесуточной температурой < –10 °С;

X_2 – количество дней в октябре–ноябре со среднесуточной температурой > +10 °С;

X_3 – сумма значений минимумов (абсолютная величина)/100;

X_4 – сумма значений максимумов (абсолютная величина)/100;

X_5 – среднесуммарная величина суточного перепада температур;

X_6 – количество дней с величиной суточного перепада температур воздуха более 10 °С;

X_7 – усредненная величина суммы осадков за октябрь и ноябрь;

Y – количество показателей.

Аналогичным способом рассчитываем коэффициенты стрессорности весеннего ($К_в$) и летнего ($К_л$) периодов с учетом разработанных критериальных показателей. На основании вышеизложенного была разработана обобщенная формула расчета степени стрессорности для развития растений яблони водно-температурного режима периода вегетации (**$К_{ПВ}$**) и указаны градационные критерии степени стрессорности года и риска зимних повреждений:

$$\mathbf{К_{ПВ} = \sum(К_В + К_Л + К_{ПО})/N}.$$

Градационные критерии:

- ***менее 10 отн. ед.*** – слабая степень стрессорности, благоприятный водно-температурный режим, низкая вероятность зимних повреждений;
- ***от 10 до 15 отн. ед.*** – средняя степень стрессорности;
- ***более 15 отн. ед.*** – высокая степень стрессорности водно-температурного режима, значительное ослабление растений, высокая степень риска зимних повреждений.

По нашему мнению, использование вышеуказанных коэффициентов стрессорности водно-температурного режима территории позволяет не только своевременно оценить риск в каждый из периодов вегетации, но и, зная предстоящие риски, попытаться соответствующими агротехническими методами и приемами снизить негативные проявления воздействия стрессоров.

Список использованных источников

1. Ткачев, Е. Н. Методы мониторинга результатов воздействия абиотических стрессоров в насаждениях яблони / Е. Н. Ткачев, Е. М. Цуканова // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 2. – С. 17 – 21. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10205.

2. Цуканова, Е. М. Система диагностики состояния плодовых растений. Экспресс-диагностика функционального состояния растений и оценка эффективности применения технологий / Е. М. Цуканова // LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 300 с.

3. Jumrani, K. Impact of elevated temperatures on specific leaf weight, stomatal density, photosynthesis and chlorophyll fluorescence in soybean / K. Jumrani, V. S. Bhatia, G. P. Pandey // Photosynth Res, Cross-RefView Record in ScopusGoogle Scholar. – 2017. – 131(3). – P. 333 – 350.

4. Tsukanova, E. Altered climate dynamics in the East-European forest-steppe incites fruitplants injury / E. Tsukanova, E. Tkachev. – IOP. : Earth Environ. Sci., 2019. – 226 012034.

References

1. Tkachev, E. N. Methods of monitoring the results of the impact of abiotic stressors in apple plantations / E. N. Tkachev, E. M. Tsukanova // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2019. – V. 33, № 2. – P. 17 – 21. DOI: 10.24411 / 0235-2451-2019-10205.

2. Tsukanova, E. System for diagnosing the state of fruit plants. Express diagnostics of the functional state of plants and evaluation of the effectiveness of technology / E. Tsukanova // LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2011. – 300 p.

3. Jumrani, K. Impact of elevated temperatures on specific leaf weight, stomatal density, photosynthesis and chlorophyll fluorescence in soybean / K. Jumrani, V. S. Bhatia, G. P. Pandey // Photosynth Res, Cross-RefView Record in ScopusGoogle Scholar. – 2017. – 131(3). – P. 333 – 350.

4. Tsukanova, E. Altered climate dynamics in the East-European forest-steppe incites fruitplants injury / E. Tsukanova, E. Tkachev. – IOP. : Earth Environ. Sci., 2019. – 226 012034.

УДК 637.2.052

О. В. Зюзина, П. М. Смолихина, М. Э. Шишов, А. А. Белоусова
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», Тамбов, Россия, e-mail: zyuzina-57@mail.ru)

РЕГУЛИРОВАНИЕ КОНСИСТЕНЦИИ БЕЛКОВОГО МАСЛА

Аннотация. Рассмотрена актуальность применения сливочного масла в качестве продукта здорового питания, Приведены способы увеличения содержания полноценного белка с помощью физиологически функциональных ингредиентов с высоким содержанием полноценных молочных белков, а также приведен анализ изменения структурных свойств массы образцов на анализаторе текстуры модели Brookfield CT-3.

Ключевые слова: сливочное масло, белковое масло, структурные свойства сырного масла, анализатор текстуры.

O. V. Zyuzina, P. M. Smolikhina, M. E. Shishov, A. A. Belousova
(Tambov State Technical University, Department of Technologies and Equipment of Food and Chemical Industries, Tambov, Russia)

REGULATION OF THE CONSISTENCY OF PROTEIN BUTTER

Abstract. Considers the topicality of using butter as a healthy food product, lists the methods of increasing the content of high-grade protein using physiologically functional ingredients with a high content of high-grade milk proteins and analysis of changes in structural properties of the mass of the samples on a texture analyzer Brookfield CT-3 model.

Keywords: butter, protein butter, structural properties of cheese butter, texture analyzer.

Анализ результатов маркетинговых исследований показывает возрастающее устойчивое внимание потребителей к ингредиентному составу продуктов питания, особенно получаемых в результате переработки молока. Из повседневных молочных продуктов в небольшом количестве (10…30 г) желательно для правильного питания и здорового образа жизни потреблять сливочное масло в качестве источника жирорастворимых витаминов и жирных кислот, необходимых для обновления клеток головного мозга и нервной ткани, профилактики простудных заболеваний [1]. Сегмент предлагаемых видов сливочного масла включает и традиционное сладко-сливочное, с повышенным содержанием молочной плазмы, подвергнутое тепловой обработке, с наполнителями. Отличительные свойства видов масла обусловлены

как технологическими приемами при изготовлении, так и химическим составом, так в традиционных видах преобладает молочный жир не менее 82,5%, а в пастах массовая доля жира составляет 40…50% и на единицу жира приходится белка в пять раз больше.

Увеличить содержание полноценного белка в масле можно, используя физиологически функциональные ингредиенты с высоким содержанием полноценных молочных белков. Один из способов достижения желаемого эффекта – это выработка масла из сгущенных сливок с массовой долей жира 27…31%, кислотностью не более 16 °Т с повышенным содержанием молочного белка наполнителей – сухого или сгущенного обезжиренного молока или пахты, а также молочно-белковых добавок. Массовая доля жира в них не менее 54,4%, сухих обезжиренных веществ – 10%, влаги – не более 36% [2].

С целью создания белкового масла как продукта для функционального питания, были изготовлены образцы комбинированной смеси с использованием масла сладко-сливочного разного химического состава и плавленой сырной массы, как белковой составляющей (табл. 1).

1. Химический состав опытных образцов комбинированной смеси

Образец	Массовая доля жира в масле, %	Массовая доля сухих веществ в смеси, %	Содержание жира в смеси	Соотношение жира/белка
1	65,0	65,4	58,6	1/0,1
2	72,5	67,7	60,7	1/0,12
3	85,0	66,2	54,0	1/0,02

Констатировали изменение структурных свойств массы образцов на анализаторе текстуры модели Brookfield CT-3 (Brookfield engineering laboratories, inc., США), оснащенном широким спектром датчиков, приспособлений и принадлежностей для решения задач, связанных с анализом и измерением текстуры.

Структурные свойства сырного масла являются критическими в определении предпочтения потребителя, так как изменение жирового и белкового содержания напрямую влияет на органолептические характеристики продукта. Обратная экструзия – идеальный метод для оценки свойств полутвердых пищевых продуктов, заключается в приложении силы к белковому маслу. Образцы тестировали, помещая датчик в масло без нарушения упаковки при температурах 14 °С и 20 °С, а температура окружающего воздуха составляла 21 °С (рис. 1).

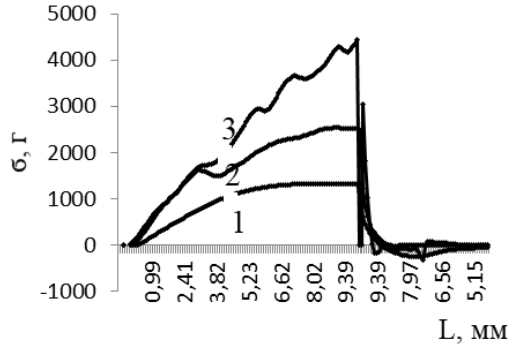
Рис. 1. Тестирование структурных свойств сырного масла методом обратной экструзии

Расстояние между датчиком и поверхностью образца гарантировало полный отрыв его от поверхности масла так, чтобы оценить адгезионные свойства продукта. Условия проведения испытаний соблюдались идентичными для всех образцов.

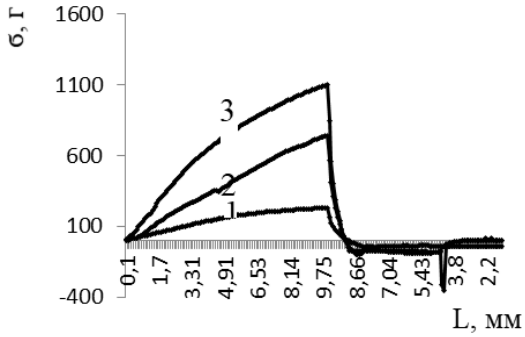
Результаты измерений представлены на рис. 2.

Результаты при измерении пиковой нагрузки и работы при сжатии являются показателями консистенции продукта. Эти силы регистрируются также на отрицательном участке кривой зависимости силы от времени, где они являются показателями вязкости образца.

Образец *1* оказался мягче с более глянцевой поверхностью, для него характерны меньшие приложенные усилия, даже в сильно охлажденном состоянии. При температуре 20 °С отмечена текучесть образца. Образец *2* имеет более крутой начальный ингредиент, что соответствует высокому значению приложенной нагрузки, а значит более плотной консистенции даже при повышенной температуре. Для образца *3* отмечены жесткая и плотная консистенция, а также повышенная вязкость (характерные пики в отрицательной части). Кроме того, в сильно охлажденном состоянии при приложении нагрузки наблюдается крошащаяся консистенция, что наглядно проявляется большим количеством пиков на положительной части кривой. При этом при комнатной температуре консистенция вязко-пластичная однородная [3]. При регулировании структуры и консистенции сливочного масла ставится цель предотвратить появление пороков консистенции и обеспечить желаемое соотношение между коагуляционной и кристаллизационной структурами.



а)



б)

Рис. 2. Кривые консистенции сырного масла:
а – температура образцов 14 °С; *б* – температура образцов 20 °С

Список использованных источников

1. Важность молочных продуктов для организма человека: [сайт]. – URL : https://www.dairynews.ru/processing/vazhnost-molochnykh-produktov-dlya-organizma-chelo.html

2. Арсеньева, Т. П. Технология сливочного масла : учебное пособие / Т. П. Арсеньева. – СПб. : НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 303 с.

3. Муратова, Е. И. Реология кондитерских масс : монография / Е. И. Муратова, П. М. Смолихина. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 188 с.

References

1. «The importance of dairy products for the human body», available at: https://www.dairynews.ru/processing/vazhnost-molochnykh-produktov-dlya-organizma-chelo.html

2. Arsenyeva, T. P. Technology of butter : a tutorial / T. P. Arsenyeva. – SPb. : NRU ITMO; IChiBT, 2013. – 303 p.

3. Muratova, E. I. Rheology of confectionery masses : monograph / E. I. Muratova, P. M. Smolikhina. – Tambov : TSTU, 2013. – 188 p.

УДК 519.6:664

П. М. Шкапов, И. Г. Благовещенский
(ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана», кафедра «Теоретическая механика», Москва, Россия, e-mail: spm@bmstu.ru; drbl@bk.ru)

МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ ПРИ ИХ МОДЕЛИРОВАНИИ

Аннотация. Рассмотрены постановка и методы решения конечномерных задач глобальной оптимизации, которые могут использоваться в решении задач оптимального управления пищевыми производствами и холдингами. Дан обзор разработанных гибридных алгоритмов, приведены результаты их тестирования на стандартных эталонных тестовых задачах глобальной оптимизации. Приведенный анализ позволит не только максимально снизить потери в пищевом производстве, но и повысить их эффективность.

Ключевые слова: пищевое производство, оптимальное управление, функции многоэкстремальные, оптимизация глобальная, алгоритмы гибридные.

P. M. Shkapov, I. G. Blagoveshchensky
(Moscow State Technical University N. E. Bauman, Department of Theoretical Mechanics, Moscow, Russia)

METHODOLOGY FOR CALCULATING THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF HYDRODYNAMIC SYSTEMS OF FOOD PRODUCTION IN THEIR MODELING

Abstract. The paper considers the formulation and methods of solving finite-dimensional problems of global optimization, which can be used in solving problems of optimal management of food industries and holdings. An overview of

the developed hybrid algorithms is given, the results of their testing on standard benchmark test problems of global optimization are given. The above analysis will allow not only to minimize losses in food production, but also to increase their efficiency.

Keywords: food production, optimal control, multi-extreme functions, global optimization, hybrid algorithms.

Важный аспект повышения эффективности управления пищевыми производствами состоит в принятии управленческих решений, основанных на анализе отклонения фактических результатов выполнения работ и достижения запланированных результатов в разнородных направлениях деятельности с выводом о прогнозе последствий возникающих отклонений и выработкой корректирующих воздействий на основе имеющихся и разрабатываемых моделей производственных, технологических, финансовых, экономических и др. процессов, а также оценки статистических данных. Такой анализ должен структурироваться по иерархическому признаку важности достижения отдельных результатов в движении к общей цели стабильности и роста основных показателей деятельности при выделении приоритетных целей близко-, средне- и долгосрочного характера. Необходимым условием качественной базы для принятия стратегических управленческих решений, например, в пищевом холдинге, является обеспечение единого методического подхода к разработке математических моделей с выработкой критериев и нормативов эффективности деятельности. Требуется согласование перечня критериев эффективности, оптимальности и их обобщенных интегральных значений, регламентов мониторинга предприятий и циклов работ, их периодичности, унификации и полноты представляемых данных и т.д.

Для снижения трудоемкости такого анализа должны использоваться методы математического моделирования, специальные программные продукты и другие способы выделения оптимальных решений, на основе обобщенных данных о реальном выполнении производственных планов, инвестиционных программ и других показателей эффективности управления. Решение этих задач предполагает широкое внедрение информатизации [1] и применение методов глобальной оптимизации и компьютерных технологий [2] как необходимых инструментов оптимального управления.

Применение методов оптимизации в теории управления ведется давно, и основные пути развития их определены во многих работах. Однако в общем случае целевые функции могут иметь ряд особенностей, которые не позволяют применить уже имеющиеся алгоритмы

решения оптимизационных задач, либо эти алгоритмы слишком затратны по времени реализации расчетов и чувствительны к исходным данным, необходимым для решения конкретных задач.

В исходной постановке задачи оптимального управления функции переменных состояния и управляющих воздействий принадлежат бесконечномерным пространствам. Основным подходом к решению практических задач является приближенная численная оптимизация. При этом на первом этапе проводится редукция задачи оптимального управления к задаче математического программирования. Основными методами редукции задач оптимального управления к задачам конечномерной оптимизации являются сеточная аппроксимация и проекционная аппроксимация. Значительное число задач теории управления может быть сформулировано в виде конечномерных оптимизационных задач. К ним, в частности, относятся задачи параметрической идентификации нелинейных детерминированных объектов, задачи идентификации стохастических объектов, задачи синтеза адаптивных систем управления, задачи синтеза статистически оптимальных систем управления. Методы поиска экстремумов целевых функционалов, определенных в конечномерных векторных пространствах, формируют важный раздел алгоритмического обеспечения современной теории управления процессами и объектами различной физической природы.

Рассматриваемые экстремальные задачи управления обладают рядом важных свойств, которые необходимо учитывать в процессе решения. К ним, в частности, относятся многоэкстремальность, не дифференцируемость, а также плохая обусловленность, что соответствует «овражному» характеру критериального функционала (быстрое изменение по одним направлениям и медленное по другим). При большом числе переменных для поиска глобального решения необходимо применять стохастические методы, такие как метод моделируемого отжига или генетические алгоритмы. Работа последних основана на выполнении весьма значительных объемов вычислений и связана с большими временными затратами. Этим обусловлена актуальность разработки гибридных методов решения задач глобальной оптимизации. Гибридные алгоритмы объединяют стохастические методы сканирования области поиска решаемой задачи и детерминированные методы локального поиска в окрестности, перспективной на искомый экстремум. В настоящее время имеется значительное число предложенных различными авторами гибридных алгоритмов глобальной оптимизации, однако вопросы вычислительной эффективности алгоритмов остаются открытыми.

На практике достаточно часто встречаются многокритериальные задачи управления. При наличии нескольких критериев целью оптимизации является поиск множества недоминируемых решений, образующих Парето-оптимальный фронт. Ввиду большой размерности и сложной структуры пространства поиска для большинства задач векторной оптимизации точное решение получить не удается. Одним из эффективных методов численного решения многокритериальных задач является векторный вариант метода линеаризации, причем используя построение сглаживающих аппроксимаций, можно расширить этот подход на негладкий случай. Существенно, что отдельные критерии могут представлять собой многоэкстремальные не всюду дифференцируемые функции. В общем случае поиск глобального решения для такой критериальной функции представляет собой самостоятельную сложную задачу. Следовательно, актуальной задачей является разработка гибридных алгоритмов эффективного решения задач векторной оптимизации с многоэкстремальными негладкими критериями.

Постановка скалярной задачи оптимизации системы управления в общем случае предполагает задание: матричного дифференциального уравнения, описывающего поведение объекта управления; критериальной функции (функционала), характеризующего качество управления; ограничений на управление, обусловленных лимитированными ресурсами управления; ограничениями на траекторию системы в фазовом пространстве; граничных условий (например, соответствующих начальному и конечному состояниям объекта управления); допустимого программного управления. Предполагается также, что критериальная функция является непрерывной, липшицевой, не всюду дифференцируемой и многоэкстремальной. Задача оптимизации формулируется так: при заданных управлениях объекта, ограничениях и граничных условиях требуется найти такие программное управление из класса всех допустимых и фазовую траекторию, при которых критериальная функция на решениях уравнений, описывающих поведение объекта, принимает экстремальное значение.

В такой постановке на практике часто встречаются, например, задачи построения оптимального программного управления по критерию минимальных затрат, максимального быстродействия, минимального расхода ресурсов, максимального выхода продукта и др.

Также во многих практических случаях необходимо рассматривать одновременно несколько равнозначных критериев качества управления. Это приводит к формулировке многокритериальной задачи оптимизации, где требуется, в частности, одновременно минимизировать несколько критериальных функций. При этом численное реше-

ние задачи оптимизации векторного критерия связано с поиском аппроксимации фронта Парето в соответствующем критериальном пространстве.

Эффективность детерминированных алгоритмов решения задач глобальной оптимизации существенно ограничена размерностью пространства поиска. Так, можно указать гибридный алгоритм, объединяющий современный стохастический алгоритм РСА и симплекс-метод Нелдера-Мида. Работа стохастического алгоритма РСА основана на использовании аналогии с физическими процессами абсорбции и рассеяния частиц при ядерных реакциях. На начальном шаге выбирается пробное решение (Old_Config), которое затем модифицируется посредством стохастического возмущения (Perturbation()), что позволяет найти новое решение (New_Config). С помощью функции Fitness() дается сравнительная оценка нового и предыдущего решений, на основании которой новое решение может быть принято или отвергнуто. Новое решение принимается, если оно лучше предыдущего (абсорбция). Если найденное решение хуже предыдущего, то происходит переход в отдаленную область пространства поиска (рассеяние), что позволяет преодолевать локальные минимумы.

Список использованных источников

1. Сулимов, В. Д. Сглаживающая аппроксимация в задачах векторной недифференцируемой оптимизации механических и гидромеханических систем / В. Д. Сулимов, П. М. Шкапов // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Естественные науки». – 2006. – № 2. – С. 17 – 30.

2. Шкапов, П. М. Теоретическое и экспериментальное исследование динамики течения жидкости в трубопроводе с ограниченной искусственной газовой каверной / П. М. Шкапов, М. М. Благовещенская // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – Н. Новгород : Изд-во НГУ, 2011. – № 4(3). – С. 1275 – 1277.

References

1. Sulimov, V. D. Smoothing approximation in problems of vector nondifferentiable optimization of mechanical and hydromechanical systems / V. D. Sulimov, P. M. Shkapov // Vestnik MGTU im. N. E. Bauman. Ser. “Natural Sciences”. – 2006. – № 2. – P. 17 – 30.

2. Shkapov, P. M. Theoretical and experimental study of the dynamics of fluid flow in a pipeline with a limited artificial gas cavity / P. M. Shkapov, M. M. Blagoveshchenskaya // Bulletin of the Nizhny Novgorod University N. I. Lobachevsky. – Nizhny Novgorod : Publisher. NSU, 2011. – № 4(3). – P. 1275 – 1277.

УДК 631.811:519.6/.7

А. П. Шкляров, Н. Г. Серебрякова, Е. И. Подашевская
(УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь, e-mail: shklyarov05@rambler.ru)

АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Аннотация. В статье раскрыто агро-экономическое значение площади питания сельскохозяйственных растений. Приводятся факторы, оказывающие влияние на выбор оптимальной площади питания. Предложена модель ее определения с учетом различных факторов.

Ключевые слова: алгоритм, агрофитоценоз, моделирование, площадь питания, точное земледелие, программный продукт, интеллектуальные технические системы.

A. P. Shklyarov, N. G. Serebryakova, E. I. Podashevskaya
(Belarusian State Agrarian Technical University,
Minsk, Republic of Belarus)

ALGORITHM FOR MODELING OPTIMUM AREA FOR PLANT NUTRITION

Abstract. The article reveals the agro-economic significance of the area of nutrition of agricultural plants. The factors influencing the choice of the optimal feeding area are given. A model of its definition is proposed, taking into account various factors.

Keywords: algorithm, agrophytocenosis, modeling, nutrition area, precision agriculture, software product, intelligent technical systems.

С агроэкономической точки зрения оптимальна такая площадь питания сельскохозяйственных растений, при которой достигается получение максимальной урожайности определенной культуры высокого качества при минимальных затратах трудовых и материальных средств.

На протяжении существования земледелия вопросом оптимальной площади питания культивируемых растений уделяли огромное внимание. На разных этапах развития земледелия ученые и практики пытались теоретически осмыслить выбор площади питания, подвести под него прочную научную основу (Марк Порций Катон, старший, 234 – 149 до н. э; Плиний старший 22(24) – 79 н. э.; Колумелла 4 – 70 н. э.;

Варрон 116 – 27 до н. э.; А. Т. Болотов 1738 – 1833 г.; И. М. Комов 1750 – 1790 и др.).

Объективности ради следует отметить, что до сих пор не удалось предоставить готовые методики определения площади питания растений, поскольку она зависит от целого ряда факторов.

Ученые прошлого изучали влияние отдельных факторов на формирование максимально продуктивных агрофитоценозов. Либих Ю. большое внимание уделял питанию растений и полагал, что они развиваются пропорционально количеству питательных веществ, доступных им. Вольни Э. обращал внимание на влажность и температуру почвы и освещенность. Кроме того, ученый выявил тесную зависимость между сроками созревания и густотой стояния растений. Незначительное загущение способствовало ускоренному прохождению основных фаз развития и раннему созреванию растений. Им отмечена связь между густотой стояния растений и качеством полученной продукции. Как правило, при более редком размещении растений качество зерна и картофеля повышалось.

Эдельштейн В. И. предложил разделить площадь питания растений на две слагающие ее величины – объем почвы и объем воздушной среды и он не был согласен с выводами Э. Вольни о том, что на высокоплодородных почвах максимальный урожай можно получить при более редком размещении растений на единицу площади, по сравнению с бедными почвами.

Проводя исследования с овощными культурами В. И. Эдельштейн указывал, что на плодородных почвах при благоприятных условиях роста наивысший урожай товарной продукции можно получить при более загущенных посевах, нежели на бедных почвах.

Основная задача земледелия – формирование высокопродуктивных агрофитоценозов. Для успешного развития доминантных видов в планируемом сообществе культурных растений необходимо соблюдать ряд условий, одним из которых является густота стояния растений. Эта величина обратна площади питания растений с которой продуктивность растений находится в прямой корреляционной зависимости. Но только до определенных пределов. И порой уловить границы этих пределов бывает очень сложно. Реакция разных видов и сортов растений на густоту стояния зависит от ряда факторов (рис. 1). Каждый из них определенным образом влияет на процессы роста и развития. Сочетание двух факторов ставит перед исследователем дополнительные вопросы, а трех и более – может сильно озадачить даже опытного ученого и практика.

Для повышения эффективности растениеводства следует обращать внимание на коэффициент использования площади питания растений, который сильно зависит от лучистого потока (приход ФАР). Чем хуже используется площадь питания, тем меньше используется ФАР, элементы питания, влага. Это ведет к снижению урожайности.

Растение – живой организм, в сильной степени зависящий от внешних условий. И, несмотря на безмолвие, своими физиологическими и биохимическими реакциями растения отвечают на изменение условий (температура листьев, содержание влаги в растениях, биохимический состав и т.д.). Сегодня все эти изменения можно фиксировать и оперативно принимать решения.

Сельское хозяйство переживает принципиально новый эволюционный этап в своем развитии благодаря внедрению компьютерных информационных технологий.

Возникшее на их основе точное земледелие – логическое вступление отрасли в новый этап развития. В этой связи меняются технологии в целом и подходы к отдельным элементам, составляющим их.

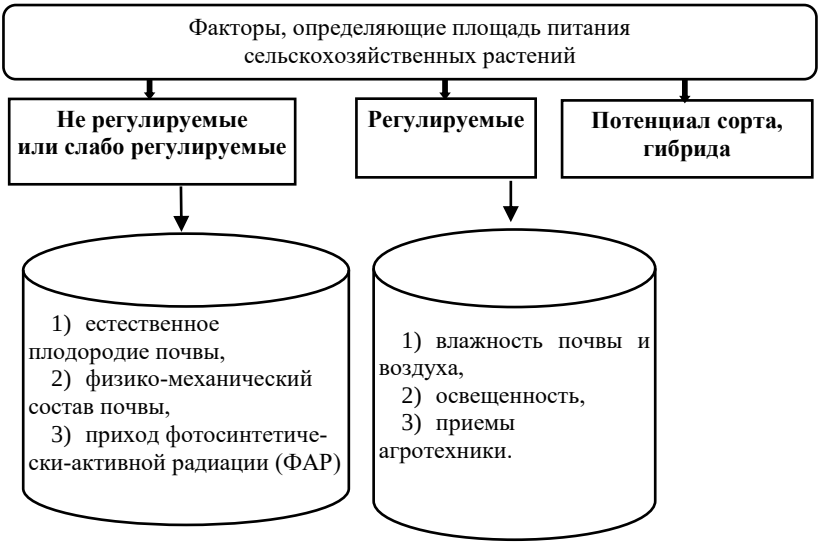


Рис. 1. Факторы, оказывающие влияние на выбор оптимальной площади питания сельскохозяйственных растений

Площадь питания растений и современные подходы ее определения приобретают научно-практическое значение. Учитывая предшествующий опыт и современные знания актуальным является группировка факторов, влияющих на подбор площади питания сельскохозяйственных растений и установления алгоритма ее определения (рис. 1).

В основе алгоритма определения оптимальной площади питания сельскохозяйственных растений должен быть заложен программный продукт, в который заносятся данные, полученные в результате исследований, проведенные на основе диалога с растениями.

Данные для определения оптимальной площади сельскохозяйственных растений:

1) корреляционная зависимость от естественного плодородия;
2) корреляционная зависимость от физико-механического состава почвы;
3) влажность почвы и воздуха;
4) приход ФАР;
5) планируемые дозы удобрений;
6) планируемые агроприемы ухода за посевами;
7) усредненный коэффициент транспирации;
8) усредненный показатель интенсивности фотосинтеза;
9) усредненные биометрические показатели растений;
10) потенциал сорта, гибрида;
11) приемы агротехники;
12) поправочный коэффициент, учитывающий человеческий фактор, климатические условия, засоренность. Подбор оптимальной площади питания растений – это один из элементов системы управления продуктивностью посевов.

Предлагаемая методика не является готовой рецептурой. Она рассчитана на творческий подход при решении проблем в конкретных условиях поля, района, области, базирующейся на применении интеллектуальных технических систем.

УДК 632.914

А. В. Козачек[1], С. Г. Толстых[1], В. В. Чекмарев[2],
Ю. В. Зеленева[3], А. В. Макаров[1], С. В. Семенихин[1],
А. А. Антипова[1], О. В. Шанина[1], К. С. Шабалкина[1]
[1] (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: artem_kozachek@mail.ru, sapr.tstu@mail.ru);
[2] (Среднерусский филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина», Тамбовская обл., Россия);
[3] (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина», Тамбов, Россия)

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ АИС ПРОГНОЗА БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПОГОДЫ

Аннотация. Представлено описание программных модулей автоматизированной информационной системы (АИС) прогноза болезней растений на основе факторов погоды.

Ключевые слова: болезни растений, бурая ржавчина, граничные значения, прогноз, факторы погоды, автоматизированная информационная система (АИС), программные модули.

A. V. Kozachek[1], S. G. Tolstykh[1], V. V. Chekmarev[2],
Yu. V. Zeleneva[3], A. V. Makarov[1], S. V. Semenikhin[1],
A. A. Antipova[1], O. V. Shanina[1], K. S. Shabalkina[1]
[1] (Tambov State Technical University, Tambov, Russia);
[2] (Central Russian Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center named after I. V. Michurin”, Tambov Region, Russia);
[3] (Tambov State University named after G. R. Derzhavin, Tambov, Russia)

DESCRIPTION OF AIS SOFTWARE MODULES FOR FORECASTING PLANT DISEASES BASED ON ENVIRONMENTAL WEATHER FACTORS

Abstract. The article describes the software modules of the automated information system (AIS) for forecasting plant diseases based on weather factors.

Keywords: plant diseases, brown rust, boundary values, forecast, weather factors, automated information system (AIS), software modules.

В статье [1] была рассмотрена задача разработки автоматизированной информационной системы (АИС) прогноза болезней растений с использованием универсальных формул прогноза, составленных на основе граничных факторов погоды [2].

При составлении прогноза болезней растений используется набор погодных показателей за год (сумма температур, сумма температур ≥ 15 °С, сумма влажности и т.д.), которые подставляются в соответствующие прогностические формулы, по которым рассчитываются индексы погоды (X1 – X39) для определенного периода [1]. Важную роль играют исключение из него отдельных годов и анализ графиков для выбора наиболее перспективных формул, поскольку для различных территорий, культур, заболеваний оптимальные формулы разные.

В соответствии с поставленной задачей была разработана АИС, которая включает в себя следующие возможности:

– внесение погодных показателей, названий культур, данных о полях в соответствующие таблицы;

– расчет по вышеперечисленным данным индексов погоды (X1 – X39) для определенной культуры, поля и диапазона.

– исключение из диапазона показателей за любой год;

– построение графиков любых зависимостей ($\sum t \geq 10$ °С от $\sum O \geq 2$ мм, Год от $\sum t \geq 15$ °С и т.п.);

– построение линий тренда для полученных зависимостей.

Разработанная АИС представляет собой оконное *Java* приложение, предназначенное для вычисления погодных коэффициентов и анализа полученных данных. Присутствуют возможность заполнения всех необходимых таблиц, их сохранения, загрузки, редактирования, функция расчета *X1 – X39*, средства для работы с графиками.

В проекте реализованы следующие модули:

– NewJFrame.java – главный модуль приложения, содержащий основные алгоритмы и все компоненты графического интерфейса;

– CultureData.java предназначен для хранения полей таблицы «Культура», содержащий функции для редактирования и записи;

– FieldData.java предназначен для хранения полей таблицы «Поле», содержащий функции для редактирования и записи;

– FactorsData.java предназначен для хранения полей таблицы «Факторы погоды», содержащий функции для редактирования и записи;

– XFormulas.java содержит формулы расчета X1 – X39;

– JPanelOpen.java содержит диалог открытия таблицы;

– JPanelSaveAs.java содержит диалог сохранения таблицы;

– JPanelSaveChartAs.java содержит диалог сохранения графика в виде изображения;

– JFrameChart.java – окно для работы с графиками.

Все вышеперечисленные модули реализованы в виде классов, UML-диаграмма которых представлена на рис. 1.

Спроектированная АИС с использованием описанных программных модулей дает возможность удобного ввода, редактирования, удаления, хранения данных, и производить расчет прогноза болезней растений на основе факторов погоды.

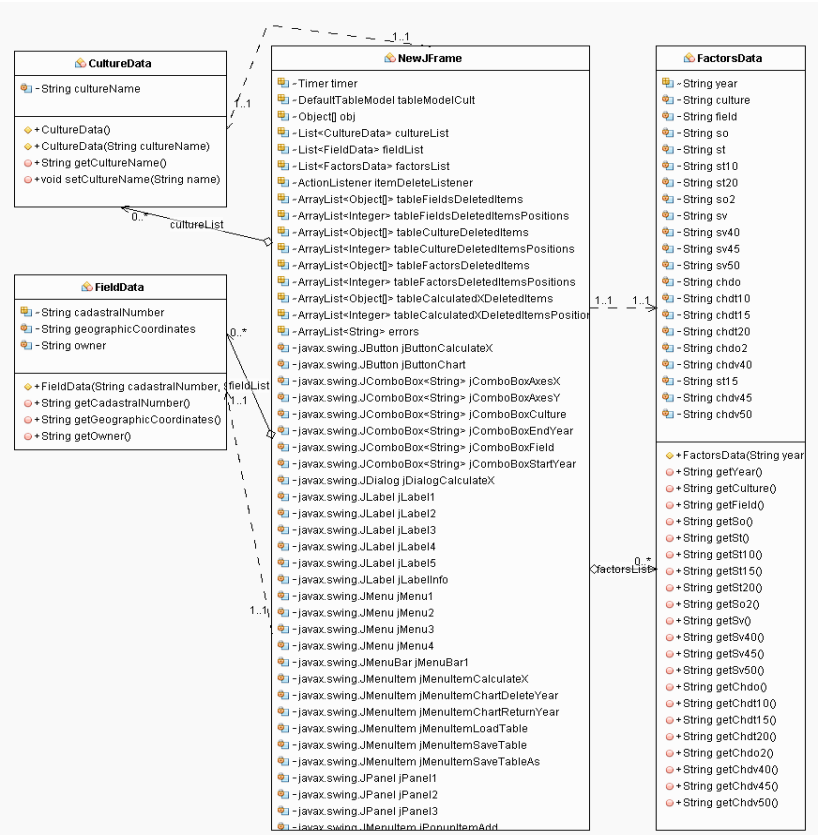


Рис. 1. UML-диаграмма классов (начало)

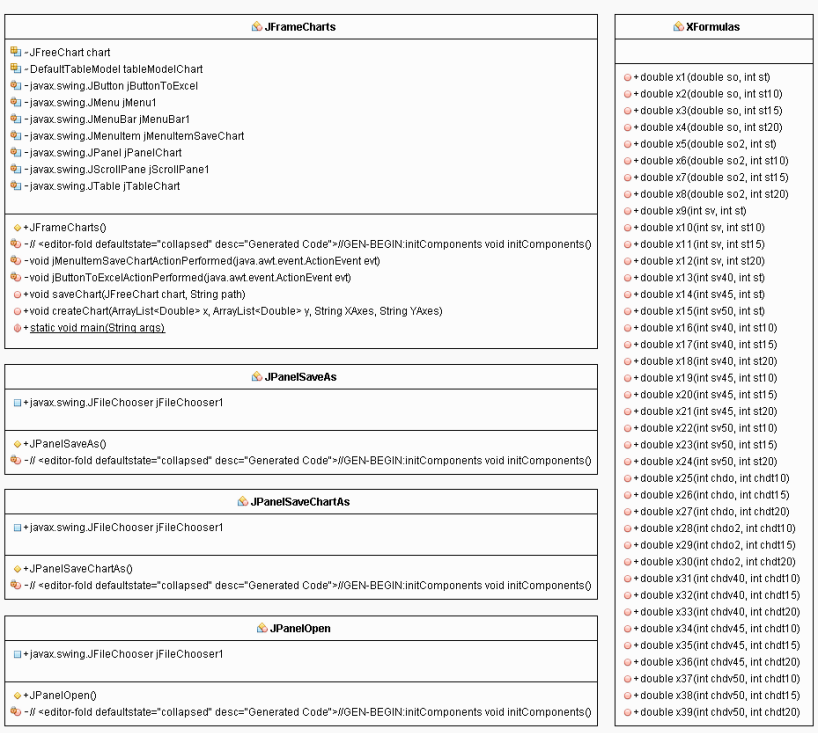


Рис. 1. UML-диаграмма классов (окончание)

Список использованных источников

1. Козачек, А. В. Разработка информационной системы прогноза болезней растений на основе экологических факторов погоды / А. В. Козачек, С. Г. Толстых, В. В. Чекмарев // Инженерные технологии для устойчивого развития и интеграции науки, производства и образования (к 15-летию Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского») : В 4 т. : матер. Междунар. науч.-практ. конф. ; ФГБОУ ВО «ТГТУ», 29 – 31 мая 2019 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – Т. III: Инженерные технологии мониторинга и обеспечения продовольственной и экологической безопасности. – С. 100 – 104.

2. Построение формул прогноза болезней растений на основе граничных значений факторов погоды / В. В. Чекмарев, Ю. В. Зеленева, Э. А. Конькова, А. В. Козачек // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4(66). – С. 15 – 22.

References

1. Kozachek, A. V. Development of an information system for forecasting plant diseases based on environmental weather factors / A. V. Kozachek, S. G. Tolstykh, V. V. Chekmarev // Engineering technologies for sustainable development and integration of science, production and education: collection of articles. Proceedings of the Intern. scientific-practical conf. them. IN AND. Vernadsky, May 29 – 31, 2019, Tambov. – Tambov : FGBOU VO "TSTU", 2020.

2. Construction of formulas for forecasting plant diseases based on the boundary values of weather factors / V. V. Chekmarev, U. V. Zeleneva, E. A. Konkova, A. V. Kozachek // Questions of modern science and practice. University. in and. Vernadsky. – 2017. – № 4(66). – P. 15 – 22.

УДК 631

Ф. А. Сари, А. А. Аль-Раммахи

(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедры информационные системы и защита информации, Тамбов, Россия, e-mail: mscitfarah@gmail.com, alia.alramahi@uokufa.edu.iq)

МОДИФИКАЦИЯ НЕЧЕТКИХ С-СРЕДСТВ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДОКУМЕНТА

Аннотация. В последние годы возрос интерес к автоматическому анализу и сегментации изображений документов. Кроме того, сегментация документа играет важную роль, поскольку каждый день необходимо обрабатывать тысячи документов, включая правительственные файлы, технические отчеты, книги, газеты, журналы и т.д., и обеспечивать интеллектуальный доступ к ним. Содержит как текстовые, так и нетекстовые компоненты. Много времени, денег и усилий будет требоваться всякий раз, когда это может быть выполнено автоматически. Следовательно, в этом документе был представлен новый подход к сегментации изображений документа, основанный на предложенных улучшенных нечетких С-средних (IFCM), которые фокусируются на сегментировании текста, изображений и фоновых пикселей от сканированных изображений документов с использованием статистических характеристик пикселей областей, собранных и затем сгруппированных в текст и нетекстовые области. В этом подходе изображение документа сегментируется на несколько непересекающихся областей с помощью новой технологии рекурсивной кластеризации, основанной на статистических особенностях каждого пикселя с его окрестностями. Эффективность этого метода оценивается путем изучения множества сложных изображений документов, таких как макеты газет, и искусственно сегментированного текста, и изображений. Также производительность была записана с точки зрения количественных и качественных показателей. Результаты экспериментальной работы являются многообещающими и не

требующими каких-либо вспомогательных методов для сегментации пикселей, в отличие от многих методов этого класса. Так как они доказывают выполнимость и практичность IFCM и могут предоставить почти оптимальные решения проблем анализа макета документа.

Ключевые слова: Нечеткие С-средства (FCM), Модификация Нечеткие С-средства (IFCM), Изображение документа, Анализ изображения документа.

F. A. Sari, A. A. Al-Rammahi
(Tambov State Technical University, Department of Information Systems and Information Security, Tambov, Russia)

MODIFICATION FUZZY C-MEANS FOR DOCUMENT IMAGE SEGMENTATION

Abstract. Interest in the automatic analysis and segmentation of document images has been increased during the recent years. Also, the document segmentation plays an important role in document analysis, since every day, thousands of documents including government files, technical reports, books, Newspapers, magazines, etc, need be processed and provided an intelligent access to its contents both the text and non-text components. Lots of time, money and effort will be preserving whenever it can be executed automatically. Hence, this paper introduced a new document image segmentation approach based on suggested improved fuzzy C-means (IFCM) that focus on segmented the text, images and background pixels from the scanned document images using the statistical features of regions pixels, collected areas and then clustered in text and non-text areas. In this approach, a document image is segmented to several non-overlapping regions via a novel recursive clustering technique relies on the statistical features of each pixel with its neighborhoods. The performance of this method is evaluated by examining a variety of complex document images such as newspaper layouts and artificially segmented the text and images. Also the performance has been recorded in terms of quantitative and qualitative measures. The experimental performance results are promising and encouraging without the need of any assistant techniques for pixel segmentation, unlike many techniques of this class. Since they prove the feasibility and practicality of IFCM and can provide near-optimal solutions to document layout analysis problems.

Keywords: Fuzzy C-means (FCM), Modification Fuzzy C-means (IFCM), Image of a document, Image analysis of a document.

I. Предложенный способ модификации нечетких С-средств сегментации документов

Этот предложенный подход к сегментации изображения документа был основан на концепции техники кластеризации FCM пространственных объектов. Следовательно, принимая во внимание информацию о пространственной взаимосвязи пикселя с его окрестностями,

добавив информацию о соседних пикселях, кластеризация улучшится. Функции для каждого пикселя, который извлекается в соответствии со скользящим окном, были сгруппированы путем применения, предложенного FCM, каждый из которых принадлежит своему региону. Комбинация характеристик статистических признаков и нечеткой кластеризации имеет некоторые преимущества для предложенного подхода. Сегментация может быть достигнута путем кластеризации векторов признаков. Разработан предложенный алгоритм для группировки векторов признаков на три класса, каждый класс принадлежит одной области в сегментированном изображении документа.

Основная идея предлагаемого алгоритма состоит в том, что вместо работы со значением пикселя, как в традиционном методе FCM, используют матрицу векторов, содержащую то же количество размеров изображения, но по 3 столбца в каждом для среднего, стандартного отклонения и интенсивности. Целью предлагаемого алгоритма является изменение целевой функции стандартного FCM с использованием информации о соседстве каждого пикселя во входном изображении документа для кластеризации этих пикселей в соответствии с типом региона. Поэтому расстояние махаланобиса было вычислено в пикселях x_i:

$$d_{i,l} = \arg\{\min\| F_i - F_l \|\},$$

где F_i – особенность центрального пикселя i; F_l – соседние особенности пикселя в i, $L = [1, 2, \ldots, 8]$.

Выберите пиксель с минимальным расстоянием с центральным пикселем и вычислите расстояние между выбранными пикселями с центрами кластеров:

$$d_{l,k} = \arg\{\min\| F_l - F_k \|\},$$

где F_l – лучший соседский объект для пикселя x_i.

И целевой функцией станет:

$$J_{FCM}^{m} = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{c} u_{i,j}^{m} \| x_i - v_j \|^2 d_{l,k},$$

где N – количество пикселей; m – коэффициент экспоненты, который контролирует размытость результирующего разбиения; x_i – это i^{th} пиксель на изображении; v_j – является центром j^{th} кластера; $u_{i,j}$ – представляет членство x_i и принадлежность к v_j.

Пиксель *i, j* ближе к конкретному центру кластера, когда его ближайший сосед закрыт для конкретного центра кластера. Следовательно, значение целевой функции минимизируется, когда значения принадлежности, выделенные пикселям, элементы которых находятся близко к центру кластера, являются высокими, а значения принадлежности, выделенные пикселям, признаки которых находятся далеко от центра кластера, являются низкими.

II. Алгоритм: модифицированная сегментация FCM
Вход: изображение документа
Вывод: сегментированное изображение документа
Начать
Шаг 1: Фаза инициализации FCM

Произвольная инициализация матрицы U^0 принадлежности (матрицы нечеткого разбиения), установка счетчика цикла $k = 0$. Число кластеров $C = 3$, Степень нечеткости m, Число итераций, Допуск ошибки 3, Матрица векторов признаков, извлеченных из входного изображения, и условие остановки n – длина данных изображения.

Произвольно инициализировать центры прототипов кластерных векторов

V(0) размером (c * 3)

содержащие центры каждого класса.

Шаг 2: Фаза строительства FCM

– Для K < max-итерация. Выполните шаги 3, 4 и 5

Начать

Шаг 3: Обновление кластерного центра (прототипы, нечеткие центроиды) матрицы V вычислить матрицу $V(t)$, которая состоит из 3 столбцов v_i, используя:

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^{n} u_{i,k}^m F_k}{\sum_{k=1}^{n} u_{i,k}^m}$$

и рассчитать объективную стоимость J_{FCM}^m в соответствии с формулой.

Шаг 4: Обновить матрицу разделов U

Для каждого пикселя и для каждого кластера рассчитать/вычислить матрицу членства $U(t)$ (значения членства в матрице) элемента $u_{i,k}$:

$$u_{i,k} = \frac{1}{\sum_{j=1}^{c} \left(\frac{\left\| F_k - v_j \right\|}{F_k - v_j} \right)^{\frac{2}{m-1}}}.$$

В модифицированном методе F_k и v_i используются векторы размера (1 * 3).

Шаг 5: Проверка сходимости: если значение функции отличия J_{FCM}^{m} между последовательными итерациями меньше, чем условие остановки $\left(\left\| J_{FCM}^{k} - J_{FCM}^{k-1} \right\| < \varepsilon \right)$ (дисперсия кластерных центров соответствует критерию), затем остановка; в противном случае, увеличить итерацию k (установить $k = k + 1$) и вернуться к шагу 3, ε является выбранным положительным порогом т.е. ε = 0,01.

(До прекращения)

– До завершения максимальное количество итераций. Также это может установить схождение. Точность как условие для цикла заканчивается.

End-For

Шаг 6: Фаза дефаззификации и сегментации.

Когда алгоритм является конвергентным, применяется процесс дефаззификации максимального членства для преобразования матрицы разделения в результаты сегментации (маркируйте каждый пиксель его индексом кластера.). Сегментация изображения после дефаззификации с помощью

$$C_{i,j} = \arg\{\max(u_{i,j,k})\}, \; K = 1, 2, 3.$$

Шаг 7: Конец.

Заключение. Предлагаемый алгоритм представляет собой эффективный метод кластеризации, предназначенный для автоматической группировки и маркировки каждого пикселя кластером, содержащим вектор его особенностей, в различные однородные области (текст, изображение и фон) для всех типов серого и цветного изображения, таких как книги и газеты, на основе среднего значения, стандартного отклонения и уровней интенсивности пикселя и его соседей. Следовательно, эти функции являются хорошим набором для использования при кластеризации пикселей для идентификации областей текста, изображения и фона. Кроме того, значение инициализации центров кластеров основано на предлагаемом наблюдении, значительно уменьшая время сходимости и количество итераций.

Список использованных источников

1. Мелисса, К. Разреженность текстуры для пиксельной классификации изображений бизнес-документов / К. Мелисса, Б. А. Александра // Международный журнал по анализу и распознаванию документов (IJDAR). – 2014. – Т. 17, Вып. 3. – Р. 257 – 273.

2. Сегментация отсканированного изображения документа с использованием метода на основе искусственной нейронной сети обратного распространения / Н. К. Т. Эль-Омари, А. Х. Омари, О. Ф. Аль-Бадарнех, Хусейн Абдель-Джабер // Международный журнал компьютеров и коммуникаций. – 2012. – Т. 6, Вып. 4.

3. Приядхаршини, Н. Сегментация документов и классификация регионов с использованием многослойного персептрона / Н. Приядхаршини, М. С. Виджая // IJCSI Международный журнал проблем компьютерных наук. – 2013. – Т. 10, Вып. 2. – № 1. – ISSN (Print): 1694-0814.

4. Маниш, Т. В. Сегментация изображения документа с использованием методов на основе регионов / Т. В. Маниш, Д. К. Кешао, П. Д. Махендра // Международный журнал вычислительной науки и информационных технологий. – 2015. – Т. 3, Вып. 3. – С. 1 – 8. – ISSN: 2278-9669.

5. Шобана, Д. Поиск информации на основе макетов из изображений документов / Д. Шобана, М. Фил // Журнал компьютерной инженерии IOSR. – 2012. – Т. 4, Вып. 4. – Р. 31 – 35. – ISSN: 2278-0661.

6. Йонг, Ю. Сегментация изображений с помощью алгоритма кластеризации нечетких С-средних с новым сроком наказания / Ю. Йонг, Х. Шуин // Вычислительная техника и информатика. – 2007. – Т. 26, Вып. 1. – Р. 17 – 31.

7. Намейракпам, Д. Сегментация изображений с использованием алгоритма кластеризации К-средних и алгоритма субтрактивной кластеризации / Д. Намейракпам, М. Хумантем, Дж. К. Ямбем // Одиннадцатая международная конференция по обработке информации-2015 (IMCIP-2015), Процедура информатики, DOI: 10.1016 / j.procs.2015.06.090. – 2015. – Т. 54. – Р. 764 – 771.

References

1. Melissa, C. Texture Sparseness for Pixel Classification of Business Document Images / C. Melissa, B. A. Alexandra // International Journal on Document Analysis and Recognition (IJDAR). – 2014. – V. 17, Is. 3. – P. 257 – 273.

2. Scanned Document Image Segmentation Using Back-Propagation Artificial Neural Network Based Technique / N. K. T. El-Omari,

A. H. Omari, O. F. Al-Badarneh, Hussein Abdel-jaber // International Journal of Computers and Communications. – 2012. – V. 6, Is. 4.

3. Priyadharshini, N. Document Segmentation and Region Classification Using Multilayer Perceptron / N. Priyadharshini, M. S. Vijaya // IJCSI International Journal of Computer Science Issues. – 2013. – V. 10, Is. 2. – № 1. – ISSN (Print): 1694-0814.

4. Manish, T. W. Document Image Segmentation using Region Based Methods / T. W. Manish, D. K. Keshao, P. D. Mahendra // International Journal of Computing Science and Information Technology. – 2015. – V. 3, Is. 3. – P. 1 – 8. – ISSN: 2278-9669.

5. Shobana, D. Layout Based Information Retrieval from Document Images / D. Shobana, M. Phil // IOSR Journal of Computer Engineering. – 2012. – V. 4, Is. 4. – P. 31 – 35. – ISSN: 2278-0661.

6. Yong, Y. Image Segmentation by Fuzzy C-Means Clustering Algorithm with a Novel Penalty Term / Y. Yong, H. Shuying // Computing and Informatics. – 2007. – V. 26, Is. 1. – P. 17 – 31.

7. Nameirakpam, D. Image Segmentation using K-means Clustering Algorithm and Subtractive Clustering Algorithm / D. Nameirakpam, M. Khumanthem, J. C. Yambem // Eleventh International Multi-Conference on Information Processing-2015 (IMCIP-2015), Procedia Computer Science, DOI: 10.1016/j.procs.2015.06.090. – 2015. – V. 54. – P. 764 – 771.

УДК 631.45

З. П. Оказова[1], Л. А. Асуева[1],
М. Д. Демельханов[1], М. И. Лечиева[1], П. М. Джамбетова[2]
[1] (Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, Россия);
[2] (Чеченский государственный университет, Грозный, Россия)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. Эффективное использование земель в значительной степени влияет на эффективность хозяйственной деятельности в целом. Цель – углубление теоретических и прикладных аспектов эффективного использования сельскохозяйственных земель в России. Сельскохозяйственные земли в России используются недостаточно эффективно. Для повышения производительности земли необходимо создать более совершенный механизм охраны земли, который стимулировал бы землевладельцев и землепользователей к бережному использованию и сохранению земли как основного средства производства.

Целесообразно установить со стороны государства жесткую материальную ответственность землевладельцев и землепользователей за ухудшение качественных характеристик земельных участков.

Ключевые слова: сельскохозяйственные угодья, деградация почвенного покрова, водная и ветровая эрозия.

Z. P. Okazova[1], L. A. Asueva[1],
M. D. Demelkhanov[1], M. I. Lechieva[1], P. M. Dzhambetova[2]
[1] (Chechen State Pedagogical University, Grozny, Russia);
[2] (Chechen State University, Grozny, Russia)

ECOLOGICAL PROBLEMS OF AGRICULTURAL LAND USE

Abstract. Efficient use of land significantly affects the efficiency of economic activities in general. The goal is to deepen the theoretical and applied aspects of the effective use of agricultural land in Russia. Agricultural land in Russia is not used efficiently enough. To increase the productivity of the land, it is necessary to create a more perfect mechanism for protecting the land, which would stimulate landowners and land users to use it carefully and conserve land as the main means of production. It is advisable to establish on the part of the state strict financial responsibility of landowners and land users for the deterioration of the quality characteristics of land plots.

Keywords: agricultural land, soil degradation, water and wind erosion.

Актуальность исследования. Поскольку земля в сельском хозяйстве является главным средством производства, ее эффективное использование в значительной степени влияет на эффективность хозяйственной деятельности в целом. Выяснение экономической сущности понятия «эффективное использование земельных ресурсов» дает возможность установить основные факторы в этом процессе на разных этапах развития социально-экономической системы.

В современных условиях, в России, когда изменения претерпевают и производительные силы, и производственные отношения, важное значение приобретает обоснование мероприятий, направленных на обеспечение максимальной отдачи земельных ресурсов. Без повышения производительности земли, что обусловливает ее эффективное использование, которое остается крайне низким по сравнению с зарубежными странами, трудно будет улучшить конкурентоспособность аграрного сектора экономики.

Рациональное использование земельных ресурсов и совершенствование земельных отношений в аграрном секторе экономики является предметом исследования как российских, так и зарубежных ученых.

Серьезное внимание в исследованиях уделено и проблемам эффективности в земельной сфере. Но дальнейшая трансформация отношений собственности на землю и форм хозяйствования в аграрной сфере требуют более глубокого изучения возможностей повышения эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения, что особенно актуально в условиях обострения проблемы продовольственного обеспечения.

Цель – углубление теоретических и прикладных аспектов эффективного использования сельскохозяйственных земель в России.

Результаты исследования и обсуждение. В экономической теории выделяют три вида эффективности: техническую, структурную и экономическую. Техническая эффективность характеризуется способностью получать максимальный объем продукции при заданном наборе ресурсов. В сельском хозяйстве техническая эффективность определяется такими показателями, как урожайность, выход валовой продукции с единицы земельной площади и тому подобное.

Структурная эффективность отражает объем затрат ресурсов для получения предполагаемого объема продукции. В качестве показателей измерения структурной эффективности используют себестоимость продукции, фондовооруженность и др.

Экономическая эффективность объединяет два предыдущих вида и основывается на сравнении полученных результатов с затратами. К показателям экономической эффективности относятся прибыль, рентабельность и др. [1, 2].

Россия обладает значительным земельным потенциалом, уровень использования которого влияет на состояние всей экономической системы.

По состоянию на 1 января 2018 г. в России большую часть сельскохозяйственных угодий занимает пашня – 78,1%, остальные – сенокосы (5,8%), пастбища (13,2%), другие земли (2,9%).

Система рационального использования сельскохозяйственных земель формируется совокупностью факторов различного характера, действие которых обусловливает и уровень экономической эффективности землепользования [4].

В рыночных условиях важным принципом использования земельных ресурсов является хозяйственная целесообразность привлечения их в производство, характеризующаяся окупаемостью затрат на выращивание сельскохозяйственных культур.

По данным оценки земель определяются границы их рационального использования по объемам «критического» урожая, ниже которого выращивание соответствующей культуры является нецелесообразным.

Основными факторами повышения эффективности использования земли в сельском хозяйстве являются: производительность сельскохозяйственного производства; система земледелия; плодородие земли. Ухудшение качественных характеристик землепользования негативно отразилось и на показателях его эффективности, в частности, наблюдается устойчивая тенденция к снижению объемов сельскохозяйственной продукции, полученной с обрабатываемых земель в стоимостном и натуральном выражении [3].

В вопросах сохранения земель основные усилия общества должны быть направлены на приостановление негативных процессов в сфере хозяйственного освоения земель, экологизацию земледелия и поиск более адекватных способов увеличения производства продовольственных ресурсов.

К сожалению, в России возрастают объемы деградированных земель из года в год. Виноваты в этом те землевладельцы и землепользователи, которые после сбора урожая не заботятся о восстановлении питательных веществ в почве и не используют хорошо испытанные меры по защите сельскохозяйственных угодий. Сужение масштабов химизации сельского хозяйства, в том числе и внесение удобрений, обусловило формирование отрицательного баланса питательных веществ в почве.

В последние годы внесение минеральных удобрений (в пересчете на 100% действующего вещества) на гектар посевной площади сократилось в 15 раз, органических удобрений – в 4,5 раза.

Выводы. Таким образом, сельскохозяйственные земли в России используются недостаточно эффективно. Для повышения производительности земли необходимо создать более совершенный механизм охраны земли, который стимулировал бы землевладельцев и землепользователей к бережному использованию и сохранению земли как основного средства производства. Целесообразно установить со стороны государства жесткую материальную ответственность землевладельцев и землепользователей за ухудшение качественных характеристик земельных участков.

Список использованных источников

1. Домнина, О. А. Деградация почв / О. А. Домнина // Научные преобразования в эпоху глобализации : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа, 2016. – С. 80 – 82.

2. Оказова, З. П. Методы экологических исследований / З. П. Оказова, Ф. А. Агаева, Н. С. Медоева // Свидетельство о регистрации базы данных № 2020620373 от 28.02.2020.

3. Петрухина, А. О. Деградация почв и способы их восстановления / А. О. Петрухина, А. В. Линкина // Инновационные технологии и технические средства для АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2017. – С. 100 – 102.

4. Шапиро, В. Деградация почв как результат системных заблуждений / В. Шапиро // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2017. – С. 311 – 320.

References

1. Domnina, O. A. Soil degradation / O. A. Domnina // Scientific transformations in the era of globalization : Proceedings of the International scientific and practical conference. – Ufa, 2016. – P. 80 – 82.

2. Okazova, Z. P. Methods of ecological research / Z. P. Okazova, F. A. Agaeva, N. S. Medoeva // Certificate of registration of the database № 2020620373 dated 28.02.2020.

3. Petrukhina, A. O. Soil degradation and methods of their restoration / A. O. Petrukhina, A. V. Linkina // Innovative technologies and technical means for agriculture : Materials of the International scientific and practical conference. – Voronezh, 2017. – P. 100 – 102.

4. Shapiro, V. Soil degradation as a result of systemic wandering / V. Shapiro // Energy and resource efficiency of low-rise residential buildings : Materials of the all-Russian scientific and practical conference. – Novosibirsk, 2017. – P. 311 – 320.

Секция 5

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБЩЕСТВА: НОВЫЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

УДК 32.321

Ю. А. Белевская, А. П. Фисун
(ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева», кафедра «Информационная безопасность», Орел, Россия, e-mail: fisun11@yandex.ru, belevskaya.ua@gmail.com)

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО И ЦИФРОВИЗАЦИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА: ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ И СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация. Теоретико-методологические основы формирования содержания понятий «информация» и «информационное общество» связанны с развитием сфер и видов деятельности современного общества, его материально-энергетических сфер, их агропромышленного комплекса в условиях глобального и широкого использования информационных телекоммуникационных технологий, лежащих в основе и определяющих цифровизацию искомых сфер и видов деятельности.

Ключевые слова: информация, информационное общество, информационная, политико-правовая, материально-энергетическая сферы общества, цифровизация агропромышленного комплекса.

Yu. A. Belevskaya, A. P. Fisun
(Orel State University named after I. S. Turgenev, Department of Information Security, Orel, Russia)

INFORMATION SOCIETY AND DIGITALIZATION OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX: MAIN APPROACHES AND CONTENT

Abstract. Theoretical-methodological bases of formation of the concepts «information» and «information society» related to the development of areas and activities of modern society, its material and energy fields, their agriculture in the global and widespread use of information telecommunication technologies underlying the digitization and defining the desired areas and types of activities.

Keywords: information, information society, information, political and legal, material and energy spheres of society, digitalization of the agro-industrial complex.

Исследование теоретико-методологических основ формирования содержания базовых понятий «информация» и «информационное общество» неразрывно связано с актуальными проблемами и задачами развития всех сфер и видов деятельности современного общества, его значимых материально-энергетических сфер (МЭС) [1, 2] и в частности агропромышленного комплекса (АПК), в условиях глобального и широкого использования современных информационных телекоммуникационных технологий (ИКТ), лежащих в основе и определяющих в целом цифровизацию искомых сфер и видов деятельности мирового сообщества. С учетом сложивших тенденций развития современного информационного общества (ИО) рассматриваемые понятия являются важным составным компонентом не только естественнонаучных, социально-экономических, гуманитарных наук и научных направления, но и прикладных, в том числе технических, сельскохозяйственных и других. Они являются неотделимым компонентом, лежащим в основе развития и создания эффективного методологического инструментария прикладных МЭС и видов деятельности, среди которых одним из важных является АПК, обеспечивающий один из видов безопасности государства – продовольственной.

Информацию в этом смысле следует рассматривать не только как сложный объект политико-правового регулирования в информационной сфере (ИСф), как результат постижения объективного мира (познания) политико-правовой действительности независимо от формы воспроизведения в сознании, раннее пережитого восприятия (представления) и зафиксированные на материальном носителе, но и как категорию, содержание которой отражает сущность МЭС, процессы которой возникают, существуют и развиваются в соответствующих видах деятельности личности, общества и государства в ИСф [1, 2]. Рассматриваемые авторами ранее положения в теоретической области политико-правовой и ИСф, ИКТ, сфере их информационной безопасности отражают актуальные аспекты необходимости развития и частных научных прикладных направлений АПК, в ее взаимосвязи с дальнейшим совершенствованием деятельности органов государственной власти.

Рассмотренные известные взгляды ученых на информацию и ИО показывают ценность научного знания, позволяют прогнозировать их значимость в обществе, его МЭС, взаимоувязанных с развитием ИО на современном этапе исторического развития.

Авторы считают, что перспективное развитие современного ИО и его МЭС тесно связано с необходимостью развития теоретико-методологических основ не только базовых научных, информаци-

онных, информационно-телекоммуникационных (ИКТ), политико-правовых наук и других научных направлений, но и опирающихся сегодня на них значимых для существования общества и государства таких прикладных материально-энергетических наук и научных направлений [1, 2], которые являются эффективным инструментом существования и развития всего АПК. Такая взаимосвязь основана на регулярно возрастающей роли и значении информации как основного объекта не только собственно информационной, ИКТ, политико-правовой сфер, но и как важнейшей составляющей ИО и возникающих разнообразных и многообразных процессов в МЭС и АПК. Это обусловливает необходимость развития теоретико-методологического базиса АПК, учитывающего сложившееся состояние в информационной, политико-правовой сферах, сфере информационной безопасности личности, общества и государства.

При этом, так же как и в политико-правовой, информационной сферах, эффективность регулирования МЭС, ее АПК, обеспечение их информационной безопасности, как и всего информационного общества в целом, будет зависеть, прежде всего, от качества информации, циркулирующей в той или иной сферах, и, в целом в обществе, являющейся основным объектом соответствующих процессов, а также от воздействия на нее различных угроз. Актуальность поставленной проблемы подтверждается следующими факторами, отражающими положения в теоретической области политико-правовой, информационной, ИКТ сфер, их информационной безопасности [1, 2] и взаимосвязанных с ними МЭС и АПК.

Анализ результатов научных фундаментальных и прикладных исследований отечественных и зарубежных ученых в информационной, политико-правовой сферах, ИКТ, социотехнических систем, в том числе информационно-телеокоммуникационных систем и сетей (ИТКС) [1,2], позволяют заключить, что содержание термина «информация», должно рассматриваться только в рамках реальной действительности, конкретной сферы или вида деятельности личности, общества и государства, в которых формируются конкретные общественные отношения и в которых субъекты реализуют свои законные интересы в информационной, политико-правовой сферах, МЭС и АПК. Ценность и роль научного, теоретического знания, информации возрастает с развитием ИКТ [1, 2]. Подходы к информационному обществу связаны с особенностями развития отдельно взятого исторического периода. Поэтому информационное общество следует рассматривать через конкретные этапы исторического развития общества и государства и учитывать рост значения информации.

Список использованных источников

1. Фисун, А. П. Теоретические основы информатики и информационная безопасности / А. П. Фисун, В. А. Минаев, В. Н. Саблин. – М. : Радио и связь, 2000. – 468 с.

2. Белевская, Ю. А. Государственная политика формирования и развития информационного общества: состояние, тенденции, совершенствование / Ю. А. Белевская, А. П. Фисун. – Орел : ФГБОУ ВО «ОГУ имени И. С. Тургенева», 2019. – 342 с.

References

1. Fisun, A. P. Theoretical foundations of Informatics and information security / A. P. Fisun, V. A. Minaev, V. N. Sablin. – Moscow : Radio and communications, 2000. – 468 p.

2. Belevskaya, Yu. A. State policy of formation and development of information society: status, trends, improvement / Yu. A. Belevskaya, A. P. Fisun. – Eagle : Fgbou VO “OSU named after I. S. Turgenev”, 2019. – 342 p.

УДК: 338.2:004; 636.08

С. И. Антипин, А. Н. Райков

(Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, Москва, Россия, e-mail: sergey.antipin@gmail.com, alexander.n.raikov@gmail.com)

ЦИФРОВАЯ ЭКОСИСТЕМА РОССИЙСКОГО ЖИВОТНОВОДСТВА: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Аннотация. Ставится цель обеспечить продовольственную безопасность России в области животноводства за счет развития его племенного ядра и создания соответствующей цифровой экосистемы. Разработана концепция создания такой экосистемы на основе архитектурного подхода, применения цифровых платформ и сквозных цифровых технологий.

Ключевые слова: конкурентоспособность, племенное животноводство, сквозные цифровые технологии, цифровая экосистема.

S. I. Antipin, A. N. Raikov

(V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, RAS, Moscow, Russia)

DIGITAL ECOSYSTEM OF RUSSIAN LIVESTOCK: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Abstract. The goal is to ensure Russia's food security in the field of animal husbandry through the development of its breeding core and the creation of the digital ecosystem. The concept of creating such an ecosystem based on the architectural

approach, the use of digital platforms and end-to-end digital technologies has been developed.

Keywords: competitiveness, livestock breeding, end-to-end digital technologies, digital ecosystem.

Введение. Стратегия развития агропромышленного и сельскохозяйственного комплекса Российской Федерации до 2030 г., утвержденная Распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2020 г. № 993, заставляет сконцентрировать особое внимание на вопросе обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации, в том числе за счет цифровой трансформации животноводства и его племенного ядра. В настоящей работе акцент делается на крупный рогатый скот (КРС). Затем этот опыт может быть тиражирован на другие виды племенных животных.

Этот вопрос очерчен конкретизацией цели, формулировкой вызовов и проблем, оценкой потенциала и выработкой подхода к проекту создания цифровой экосистемы для племенного животноводства.

Главная цель – рост конкурентоспособности российского племенного ресурса на мировых рынках, увеличение его генетического потенциала на основе создания соответствующей цифровой экосистемы.

Вызовы на пути достижении этой цели включают:

– Поставлена цель по экспорту агропромышленной продукции: к 2024 г. –$45 млрд.; животноводство должно занять в ее достижении весомую роль;

– Россия занимает 8 место в мире по поголовью КРС; вместе с тем, у находящейся на 6 месте Аргентины поголовье выше в 3 раза, а у лидирующей Индии – 16 раз и др.; необходимо этот разрыв существенно уменьшить;

– Внедрение архитектурного подхода в российских органах государственной власти, находящегося на этапе начального становления.

Проблемы. За последние 15 лет в России произошло сокращение поголовья КРС и валового надоя – на 2,9 млн. голов и 345,7 тыс. т молока, соответственно. Происходит вытеснение отечественной племенной продукции. Несмотря на то, что удой на одну импортную корову больше, сокращается срок продуктивного использования коров. Требуют решения следующие проблемы:

– Ассоциаций заводчиков по породам либо нет, либо они не обладают должными полномочиями и стимулами активизации работы;

– Селекционная работа по породе поручена государственным институтам и ведется без должного подключения фундаментальной науки;

– Молочные и генетические лаборатории зачастую аффилированы с племпредприятиями, что порождает конфликт интересов при экспертизе и др.

В отрасли нет гармонизированной с зарубежными стандартами системы идентификации и регистрации животных с ведением единой базы данных, нет комплексного учета продуктивных качеств с генетической оценкой. В племенной работе явно видно наращиваемое технологическое отставание России от ведущих мировых производителей.

Потенциал. В государственном племенном регистре зафиксировано более 1,5 тыс. племенных хозяйств по разведению КРС. В России насчитывается более 2,5 тыс. стад племенных животных, более 1,0 тыс. голов маточного поголовья, 360 сервисных организаций, 37 селекционных центров по породам.

Данные по росту объемов производства скота и птицы, питьевого молока и яиц в целом сейчас демонстрируют позитивный тренд. Заметно снижение импорта племенного молодняка КРС мясного направления. В 2019 году показан темп увеличения объемов производства скота и птицы на убой – 103%, наращивание объемов питьевого молока – 106%. Растет удой на корову. Увеличивается производство сыров – 112,2%. Накоплен большой опыт информатизации. Есть научные наработки в области развития селекционно-генетической деятельности с применением компьютерного моделирования.

Проект цифровой экосистемы. Создание цифровой экосистемы для десятков тысяч участников животноводческого процесса объединят данные, получаемые с миллионов датчиков событий, позволит анализировать ситуацию, принимать правильные решения с учетом динамики глобального рынка.

Цифровая экосистема строится по принципам архитектурного подхода [1, 2], интернета вещей, робототехники, анализа больших данных и искусственного интеллекта. Для обеспечения целенаправленного и устойчивого развития экосистемы предлагается использовать авторский конвергентный подход и прорывное ситуационное управление [3], а также опыт построения системы распределенных ситуационных центров [4].

Разработана концепция такой экосистемы.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, грант 18-29-03086.

Список использованных источников

1. ISO 15704:2019. Корпоративное моделирование и архитектура – требования к корпоративным ссылочным архитектурам и методологиям.

2. Стандарт TOGAF, версия 9.2 обзор [Электронный ресурс]. – URL : https://www.opengroup.org/togaf (дата обращения: 23.06.2020).

3. Лепский, В. Е. Управление деструктивными ситуациями в цифровых технологиях. Экономика / В. Е. Лепский, З. К. Авдеева, А. Н. Райков // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018) : Одиннадцатая Международная конференция, 1 – 3 октября 2018 г., ИЦ РАН, Москва, Россия, стр. 2018, 1-4. – URL : https://doi.org/10.1109/MLSD.2018.8551949.

4. Система распределенных ситуационных центров передового развития : материалы 10-й Международной конференции по управлению развитием крупномасштабных систем (MLSD 2017) / Н. Ильин, Г. Малинецкий, К. Колин, А. Зацаринный, А. Райков, В. Лепский, Б. Славин. 2 – 4 окт. 2017. doi: 10.1109/MLSD.2017.8109638

References

1. ISO 15704:2019. Enterprise modelling and architecture – Requirements for enterprise-referencing architectures and methodologies.

2. The TOGAF Standard, Version 9.2 Overview [Электронный ресурс]. – URL : https://www.opengroup.org/togaf (дата обращения: 23.06.2020).

3. Lepskiy, V. E. Disruptive Situation Management in Digital Economy, Eleventh International Conference «Management of large-scale system development» (MLSD'2018) / V. E. Lepskiy, Z. K. Avdeeva, A. N. Raikov. October 1 – 3, 2018, ICS RAS, Moscow, Russia, pp. 2018, 1-4. – URL : https://doi.org/10.1109/MLSD.2018.8551949.

4. Distributed situational centres system of cutting edge development, Proceedings of 10th International Conference on Management of Large-Scale System Development (MLSD 2017) / N. Ilyin, G. Malinetsky, K. Kolin, A. Zatsarinny, A. Raikov, V. Lepskiy, B. Slavin. 2 – 4 Oct. 2017. doi: 10.1109/MLSD.2017.8109638.

УДК 333.1

Е. И. Подашевская[1], Д. Ю. Башко[2]
[1] (УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь, e-mail: Nelly.pdsh@yandex.by);
[2] (ГНУ «Научно-исследовательский экономический институт Министерства экономики Республики Беларусь», Минск, Республика Беларусь, e-mail: Bashko_dima@mail.ru)

ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА АПК В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

Аннотация. Стремительное развитие технологий производства аграрной продукции, а также значительная трансформация современного мира делают более актуальной необходимость подготовки качественных специалистов.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, специалисты, технологии, обучение, цифровизация.

E. I. Podashevskaya[1], D. Yu. Bashko[2]
[1] (Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus);
[2] (Research Economic Institute of the Ministry of Economy Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus)

FORMATION OF THE MODERN PERSONNEL POTENTIAL OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF THE ECONOMY

Abstract. Rapid development of technologies for production of agricultural products, as well as significant transformation of modern world make need to train high-quality specialists more urgent.

Keywords: agro-industrial complex, specialists, technologies, training, digitalization.

Обеспечение населения продовольствием имеет огромное значение для любого государства. Осложнение мировой обстановки обостряет проблему продовольственной безопасности. Согласно последним докладам ООН и ФАО обеспечение планеты продуктами питания в ближайшие десятилетия будет затруднено. Главными факторами, оказывающими значительное влияние на продовольственную безопасность большинства стран, являются масштабные климатические преобразования, эскалация конфликта между крупнейшими государствами мира – США и Китаем, а также пандемия COVID-19. В таких усло-

виях поддержание эффективного функционирования агропромышленного комплекса (АПК) является наиболее приоритетной задачей.

Для достижения максимального баланса качества продукции и ее объемов в агропромышленном производстве необходимо применение передовых технологий, минимизация трудовых затрат, селекционирование высокопродуктивных пород животных и возделывание высокоурожайных культур. Многие ученые и конструкторы мира значительно преуспели в данных направлениях. С каждым годом появляется все больше новых сортов растений, которые устойчивы к климатическим трансформациям, требуют меньшего ухода и обладают высокой урожайностью, а также пород сельскохозяйственных животных, имеющих более высокую продуктивность, устойчивость к болезням и изменениям климатических условий. Конструкторами и инженерами в АПК за последнее десятилетие было разработано множество высокопроизводительных, надежных и низкозатратных агропромышленных машин и оборудования. Вместе с ростом производительности отрасли требуется более квалифицированный персонал для выполнения различных операций в производственной цепочке и обслуживания машин и оборудования. В современных условиях подготовка качественных кадров для АПК является приоритетной задачей для современных аграрных учебных заведений.

Информатизация и цифровизация затронула практически все сферы деятельности современного человека. Новый виток развития промышленного производства поспособствовал переходу других отраслей экономики на новый уровень. Так, в мировом АПК актуальной концепцией является «Сельское хозяйство 4.0», которая сочетает в себе высокого уровня взаимодействия работников с автоматизированными и компьютеризированными системами. За счет развития удаленного управления производственными процессами многие страны могут снизить негативное воздействие пандемии Covid-19.

Для реализации данной концепции в отечественном сельскохозяйственном производстве требуется подготовка современных высококвалифицированных специалистов, которые будут иметь представление о современных технологиях возделывания культур и выращивания животных, знать устройство и принцип работы современного оборудования, а также владеть навыками работы с информационными технологиями в объеме, необходимом для наиболее эффективного функционирования отрасли. Для подготовки качественных специалистов учреждениям образования требуется провести значительную трансформацию учебных программ, разработать новые дисциплины, соответствующие современным требованиям, а также внедрить современные средства обучения.

В таких условиях все более отчетливо проявляются недостатки современной отечественной системы обучения специалистов в аграрной области. Главной ее проблемой является использование традиционных типовых программ обучения, которые не в полной мере соответствуют современным стандартам подготовки специалистов, обладают недостаточной гибкостью и универсальностью. Это, в первую очередь, связано с тем, что практически все программы обучения аграрных учреждений образования построены на методических разработках, которые не предусматривали высокой степени информатизации и цифровизации общества.

Так, для технических специальностей необходимо смещение акцента от традиционных дисциплин к предметам, которые будут охватывать современные технологии. Это обусловлено тем, что различное оборудование (как сельскохозяйственное, так и промышленное) требует не только навыков по физическому ремонту и обслуживанию, но также в значительной степени связано с компьютерными и сетевыми технологиями, основой успешного функционирования которых является качественное программное обеспечение. Несмотря на активное внедрение компьютеризированных машин и оборудования, создание программного обеспечения и его обслуживание остается актуальной проблемой для отечественного АПК. В связи с этим, специальности, сочетающие в себе как традиционные технические знания и навыки, так и IT-сферу являются наиболее востребованными в ближайшей перспективе.

Для создания новых специальностей в аграрной сфере необходимо изучить передовой опыт мировых лидеров в АПК, таких как США, Япония, Германия и Франция. Также требуется разработка учебных программ, которые будут сочетать в себе традиционные для аграрных специальностей дисциплины и предметы, связанные с IT-сферой (основы функционирования компьютерных и сетевых технологий, основы программирования, устройство и принципы работы автоматизированных систем и т.п.). Еще одной значимой составляющей для формирования качественных современных специалистов в аграрной отрасли является построение качественной материально-технической базы, в состав которой будут входить различные наглядные пособия, информационно-техническая база, лаборатории, экспериментальные базы и т.д.

Список использованных источников

1. Междисциплинарный институт цифровых издательств [Электронный ресурс] : От умного земледелия к сельскому хозяйству 5.0: обзор управления данными о растениеводстве. – 2020. – URL : https://www.mdpi.com/2073-4395/10/2/207

2. Всемирная продовольственная программа ООН [Электронный ресурс] : 2020 – Глобальный доклад о продовольственных кризисах, 2020. – URL : https://www.wfp.org/ публикации/2020-global-report-food-Crisis (дата обращения: 20.08.2020).

References

1. Multidisciplinary Digital Publishing Institute [Electronic resource] : From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on Crop Data Management, 2020. – URL : https://www.mdpi.com/2073-4395/10/2/207

2. United Nations World Food Programme [Electronic resource] : 2020 – Global Report on Food Crises, 2020. – URL : https://www.wfp.org/ publications/2020-global-report-food-crises. (Date of access: 20.08.2020).

УДК 519.179

С. Л. Блюмин, Н. Ю. Жбанова, А. С. Сысоев
(ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Липецк, Россия,
e-mail: sabl@lipetsk.ru , zbanoid@gmail.ru , anton_syssoyev@mail.ru)

ГРАФОСТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Аннотация. Рассматривается способ установления взаимосвязей между некоторыми графовыми структурами с ориентацией на использование графоструктурного моделирования открытых организационных систем в агропромышленном комплексе.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, открытые организационные системы, графоструктурное моделирование.

S. L. Blyumin, N. Yu. Zhbanova, A. S. Sysoev
(Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Rusia)

GRAPHOSTRUCTURAL MODELING OF OPEN ORGANIZATIONAL SYSTEMS IN AGRICULTURAL COMPLEX

Abstract. Method of establishment of interconnections between some graph structures is considered with orientation on utilization of graphostructural modeling of open organizational systems in agricultural complex.

Keywords: agricultural complex, open organizational systems, graphostructural modeling.

Организационные системы, по самой своей сущности, являются открытыми системами, непрерывно взаимодействующими с окружающей их, внешней по отношению к ним, средой – совокупностью предметов и субъектов, явлений и процессов, не входящих в рассматриваемые системы, но взаимодействующих с ними. Взаимодействие может принимать форму вещества, энергии, информации или иных преобразований на границе с системой. Сказанное в полной мере относится к организационным системам в агропромышленном комплексе. Актуальной является проблема цифровизации агропромышленного комплекса, цифровой трансформации сельского хозяйства России. Официальные информационные издания отражают проблемы цифровой трансформации сельского хозяйства России, необходимость такой трансформации, цели и задачи мероприятий по цифровизации сельского хозяйства Российской Федерации. Приведены этапы цифровизации и индикаторы их выполнения. Представлен региональный взгляд на проблемы цифровизации, определены работы регионального уровня.

В настоящее время уже общепризнано, что решение подобных проблем должно опираться на математическое моделирование, на некоторые его современные подходы. Для построения математических моделей сложных распределенных открытых организационных систем, в том числе и при цифровизации агропромышленного комплекса, подходящим является математический аппарат графоструктурного моделирования, которое, наряду с классическими, традиционными, «обычными» графами, включает гиперграфы, метаграфы, а также более общие и более гибкие графовые структуры. Эффективным является использование концепции графоструктурного моделирования при цифровизации организационных, информационных, технологических, агропромышленных систем и управление ими.

Цель данной работы – ориентируясь на использование графоструктурного моделирования открытых организационных систем в агропромышленном комплексе, рассмотреть некоторый способ установления взаимосвязей между графовыми структурами. Сравнение результатов выполняется посредством использования матриц инцидентности.

Один из способов установления указанных выше взаимосвязей основан на использовании клик в графовых структурах. Алгоритмы отыскания клик в графах начинали разрабатываться в [1 – 3].

Клики графа могут интерпретироваться как гиперребра его кликового гиперграфа или как метавершины его кликового метаграфа. С другой стороны, известен подход, при котором с гиперграфом свя-

зывается его кликовый мультиграф, в котором гиперребра гиперграфа интерпретируются как клики этого кликового мультиграфа. Следует отметить, что если от графа перейти к его кликовому гиперграфу, а от него – к его кликовому мультиграфу, то последний, вообще говоря, будет отличаться от исходного графа. Для иллюстрации этого рассмотрим граф G из [3], представленный матрицей инцидентности

$$I(G)=\begin{array}{c}1\\2\\3\\4\\5\\6\\7\\8\\9\end{array}\begin{bmatrix}1 & & & & & & & & & 1 & & & \\ 1 & 1 & & & & & & & & & 1 & & \\ & 1 & 1 & & & & & & 1 & & & 1 & \\ & & 1 & 1 & & & 1 & 1 & 1 & & & & \\ & & & 1 & 1 & & & & & & & & \\ & & & & 1 & 1 & 1 & & & & & & 1 \\ & & & & & 1 & 1 & & & & & & \\ & & & & & & & 1 & 1 & & & & 1 \\ & & & & & & & & & 1 & 1 & 1 & \end{bmatrix}.$$

Для него в [3] найдены клики 4678, 456, 348, 129, 239. Они могут интерпретироваться как гиперребра кликового гиперграфа $C(G)$:

$$I(C(G))=\begin{bmatrix} & & & 1 & \\ & & & 1 & 1 \\ & & 1 & & 1 \\ 1 & 1 & 1 & & \\ & 1 & & & \\ 1 & 1 & & & \\ 1 & & & & \\ 1 & & 1 & & \\ & & & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Матрица инцидентности кликового мультиграфа этого кликового гиперграфа:

$$I(C(C(G))) = \begin{bmatrix}
1 & 1 & & & & & & & & & & & & & & & & & & \\
1 & & 1 & 1 & 1 & & & & & & & & & & & & & & \\
 & & & 1 & & 1 & 1 & 1 & & & & & & & & & & & \\
 & & & & & & & 1 & & 1 & 1 & 1 & & 1 & 1 & 1 & & & \\
 & & & & & & & & & & 1 & & 1 & & & & & & \\
 & & & & & & & & & & & 1 & 1 & 1 & & & 1 & 1 & \\
 & & & & & & & & & & & & & & 1 & & 1 & & 1 \\
 & & & & & & & & 1 & 1 & & & & & & 1 & & 1 & 1 \\
 & 1 & 1 & & 1 & 1 & & & & & & & & & & & & &
\end{bmatrix}.$$

Следует обратить внимание на то, что удвоились ребра исходного графа 29, 46, 48. Это – признак того, что кликовый граф гиперграфа оказывается именно мультиграфом.

Таким образом, в данной работе, ориентируясь на использование графоструктурного моделирования открытых организационных систем в агропромышленном комплексе, на простом примере проведено установление взаимосвязей между графами и гиперграфами, гиперграфами и мультиграфами, основанное на использовании клик в графовых структурах. Следует также отметить связь с кластеризацией графовых структур, допускающей интерпретацию открытых организационных систем в агропромышленном комплексе как сложных многоуровневых иерархических сельскохозяйственных систем нашей страны, ее регионов, их округов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Липецкой области в рамках научного проекта 19-47-480003-р_а.

Список использованных источников

1. Брон, К. Алгоритм 457, нахождение всех клик неориентированного графа [Текст] / К. Брон, Дж. Кербош // Комм. ACM. – 1973. – Т. 16. – С. 575 – 577.

2. Робсон, Дж. Алгоритмы для максимальных независимых множеств [Текст] / Дж. Робсон // Журн. Алгоритмов. – 1986. – Т. 7. – С. 425 – 440.

3. Эцудзи, Т. Наихудшая временная сложность для генерации. Все максимальные клики и вычислительные эксперименты [Текст] / Т. Эцудзи, Т. Акира, Т. Харухиса // Теоретическая информатика. – 2006. – С. 28 – 42.

References

1. Bron, C. Algorithm 457, finding all cliques of an undirected graph [Text] / C. Bron, J. Kerbosch // Comm. ACM. – 1973. – V. 16. – P. 575 – 577.
2. Robson, J. Algorithms for maximum independent sets [Text] / J. Robson // J. Algorithms. – 1986. – V. 7. – P. 425 – 440.
3. Etsuji, T. The worst-case time complexity for generating all maximal cliques and computational experiments [Text] / T. Etsuji, T. Akira, T. Haruhisa // Theoretical Computer Science. – 2006. – P. 28 – 42.

УДК 342.95

Н. В. Богатырева
(ФГБОУ ВО «Саратовская государственная юридическая академия», кафедра административного и муниципального права, Саратов, Россия, e-mail: nvbogatyreva@gmail.com)

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КАК УСЛОВИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАКОННОСТИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Аннотация. Административно-правовое регулирование применения генетических технологий в российском растениеводстве включает осуществление контроля и мониторинга за посевами сортов растений, полученных с применением таких технологий, в целях обеспечения законности при их выращивании. Для осуществления такого контроля необходимо внедрение цифровых технологий для мониторинга роста сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: растениеводство, мониторинг, государственный контроль, ГМО, геномные технологии.

N. V. Bogatyreva
(Saratov State Law Academy, Department of Administrative and Municipal Law, Saratov, Russia)

DIGITALIZATION OF AGRICULTURE AS A CONDITION FOR ENSURING LEGALITY IN THE APPLICATION OF GENETIC TECHNOLOGIES IN CROP PRODUCTION

Abstract. Administrative regulation of genome technologies in Russian crop production includes control and monitoring of crops obtained using genome technologies in order to ensure the legality of their cultivation. It is necessary to introduce digital technologies to monitor the growth of agricultural crops to implement such state control.

Keywords: crop-production, monitoring, state control, GMO, genome technologies.

Цифровизация сельского хозяйства – одно из условий повышения конкурентоспособности отечественного растениеводства и реализации стратегии импортозамещения [1]. Аналогичные цели преследует внедрение в российское растениеводство современных генно-инженерных технологий, в первую очередь, основанных на CRISPR/Cas9 технологии[1]. Выращивание новых сортов сельскохозяйственных растений отечественной селекции, обладающих полезными признаками, например, устойчивостью к засухе, вредителям, наличием повышенных сроков хранения продукции, будет способствовать независимости отечественного растениеводства от зарубежных разработок и повышению его конкурентоспособности на мировом рынке.

Взаимосвязь между цифровизацией российского сельского хозяйства и развитием растениеводства с применением генетических технологий прослеживается в области мониторинга и контроля за выращиваемыми сельскохозяйственными культурами. В России действует запрет на выращивание генно-инженерно-модифицированных организмов (ГМО)[2], который в то же время не распространяется на выращивание растений в научно-исследовательских целях, а также, по анализу используемых законодателем формулировок [2], не должен распространяться на растения, получаемые с применением бесследного геномного редактирования, в том числе с применением CRISPR/Cas9 технологии. Для реализации норм законодательства необходимо иметь возможность отслеживать, какие хозяйствующие субъекты, где и в каком количестве выращивают сорта сельскохозяйственных растений, полученных с применением геномных технологий.

Это позволит отслеживать, какие работы следует классифицировать как запрещенные, если выращиваются ГМО, а какие – как разрешенные, если выращиваются ГМО в научно-исследовательских целях или растения, полученные с применением методов генной инженерии, но не отличающиеся от растений, которые могли бы быть получены с помощью традиционных методов селекции. К выращиванию таких сортов могут быть установлены повышенные требования безопасности, в их отношении должен проводиться мониторинг, чтобы предотвратить возможные негативные последствия их выращивания для че-

---

[1] Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019 – 2027 годы: постановление Правительства РФ от 22 апреля 2019 г. № 479 // СЗ РФ. 2019. № 17. Ст. 2108.

[2] О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования государственного регулирования в области генно-инженерной деятельности: федер. закон от 3 июля 2016 г. № 358-ФЗ // СЗ РФ. 2016. № 27 (часть II). Ст. 4291.

ловека и окружающей среды. В России этот аспект важен, поскольку в целом в стране сложилось консервативное и негативное отношение к применению новых биотехнологий, что подтверждается введением запрета на выращивание ГМО. Внедрение новых сортов, полученных с помощью геномных технологий, будет полезным для экономики, только если будет сопровождаться подтверждениями его безопасности, что снизит правовые риски установления более строгого правового регулирования.

Кроме того, база данных по экспериментальным и промышленным посадкам сортов растений, полученных с применением геномных технологий, станет основной для выстраивания в России системы сосуществования биотехнологического, традиционного и органического земледелия.

Таким образом, для выработки государственной политики и принятия взвешенных, обоснованных управленческих решений, возможности провести мониторинг последствий выращивания сортов растений, полученных с применением геномных технологий, необходима информация о площади таких посевов, хозяйствующих субъектах, расположении мест посевов и их соотношении с посевами традиционных и органических культур.

Обеспечить это может такое направление цифровизации сельского хозяйства в России, как применение цифровых технологий для мониторинга роста сельскохозяйственных культур.

Проведение должного контроля за выращиванием растений, получаемых с применением геномных технологий, – задача государства. В связи с этим крайне важным является достаточное финансовое обеспечение в рамках федеральных целевых программ цифровизации российского растениеводства: как крупных хозяйств, так и мелких фермеров. Цифровизация в сфере растениеводства – обязательное условие для обеспечения законности при внедрении современных генетических технологий.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-14048.

Список использованных источников

1. Айтпаева, А. А. Цифровизация сельского хозяйства в контексте повышения конкурентоспособности отечественного АПК / А. А. Айтпаева // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2019. – № 3. – С. 56 – 63. DOI: 10.24143/2073-5537-2019-3-56-63.

2. Матвеева, Т. В. Генно-инженерно-модифицированные организмы, разрешенные к выращиванию и разведению в России / Т. В. Матвеева, М. Азарахш // Экологическая генетика. – 2016. – Т. XIV, № 4. – С. 32 – 40. DOI: 10.17816/ecogen14432-40.

References

1. Aitpaeva, A. A. Tsifrovizatsiya sel'skogo khozyaistva v kontekste povysheniya konkurentosposobnosti otechestvennogo APK / A. A. Aitpaeva // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ekonomika. – 2019. – № 3. – P. 56 – 63. DOI: 10.24143/2073-5537-2019-3-56-63.

2. Matveeva, T. V. Genno-inzhenerno-modifitsirovannye organizmy, razreshennye k vyrashchivaniyu i razvedeniyu v Rossii / T. V. Matveeva, M. Azarakhsh // Ekologicheskaya genetika. – 2016. – V. XIV, № 4. – P. 32 – 40. DOI: 10.17816/ecogen14432-40.

УДК 378.147:004

Н. Я. Гарафутдинова[1], Р. С. Симак[2], Н. Ю. Симак[3]
[1] (ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения», Омск, Россия, e-mail: natali_27omsk@mail.ru);
[2] (АНОО ВО «Сибирский институт бизнеса и информационных технологий», Омск, Россия, e-mail: ronad@mail.ru);
[3] (Омский автобронетанковый инженерный институт (филиал ВА МТО), Омск, Россия, e-mail: simaknu@mail.ru)

ЦИФРОВИЗАЦИЯ КАК ОСНОВНОЙ ЭЛЕМЕНТ ПОДГОТОВКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В СФЕРЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. В статье рассмотрены особенности трудовых отношений в агропромышленном комплексе (далее – АПК) и виды занятости населения различных квалификаций, на основе анализа которых предложены механизмы внедрения цифровых технологий для формирования кадрового потенциала сферы АПК с учетом ее отличительной специфики.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, цифровизация, конкурентоспособные специалисты, цифровая грамотность, кадровая служба.

N. Ya. Garafutdinova[1], R. S. Simak[2], N. Yu. Simak[3]
[1] (Omsk State Transport University, Omsk, Russia);
[2] (Siberian Institute of Business and Information Technologies, Omsk, Russia);
[3] (Omsk Tank-automotive Engineering Institute (branch of VA MTO), Omsk, Russia)

DIGITALIZATION AS THE MAIN ELEMENT OF TRAINING COMPETITIVE SPECIALISTS IN THE FIELD OF AGRICULTURE

Abstract. In the article the peculiarities of labor relations in the agro-industrial complex (hereinafter – AIC) and the types of employment of different qualifications, based on the analysis of proposed mechanisms for the implementation of digital technologies for for-the formation of personnel potential of agricultural sector, given its distinctive peculiarities.

Keywords: agro-industrial complex, digitalization, competitive specialists, digital literacy, personnel service.

«Кадры решают все» – эта знаменитая фраза в настоящее время как никогда принимает актуальность в связи с тем, что отлаженная координация действий людей в организации определяет во многом эффективность ее работы. Во многом именно от выбранной стратегии и тактики кадровой политики, ее приоритетов, подходов, и, в конечном счете, выбранного набора применяемых технологий, действий, их последовательности, зависит эффективность работы любой организации.

Рыночные отношения выдвигают принципиально новые требования к руководителям и специалистам, работающим в агропромышленном комплексе. По нашему мнению, одним из главных требований является подготовка специалистов, способных быстро адаптироваться к современным условиям и формам хозяйствования, а также выполнять научно-консультационные функции, при этом, как показал период пандемии, во всех отраслях необходимы компетенции, связанные с работой на компьютере, передачей массивов данных в электронном виде, возможностью работы на электронных платформах, а также оперативным откликом. При этом разработка стратегии развития кадрового потенциала предприятия или организации должна состоять в определении курса действий и выработки планов организационно-экономических мероприятий по реализации данного курса.

Во многом внедрение новых технологий в производственные циклы в АПК связано с процессом информатизации. Развитие информационного общества в нашей стране на период с 2017 по 2030 гг. осуществляется в соответствии с программой «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р [1]. Данная программа во многом определила предстоящее реформирование сферы трудовых отношений.

Это вызвано: во-первых, формированием модели новой среды, т.е. новых профессий, которые требуют сверхпрофессионального взаимодействия и развития сверхпрофессиональной культуры в области коммуникаций; во-вторых, созданием условий для непрерывного обучения с использованием новых онлайн-технологий для уже работающих в отрасли сотрудников.

Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» как регулятор эволюции информационного общества способствует созданию информационного пространства, учитывая потребности населения страны, направленные на получение достоверных сведений, а также учитывая формирование технологической базы основных сфер жизнеобеспечения, в которые и входит сельское хозяйство и агропромышленный комплекс.

В настоящее время существует множество профессиональных стандартов, действующих в агропромышленном комплексе, например: специалист в области механизации сельского хозяйства, птицевод, мастер растениеводства, оператор машинного доения и т.д.

Следовательно, для соответствия требованиям профессиональных стандартов (часть профессиональных стандартов относится только к профессиям, а другая часть только к должностям работников), в перспективе всем сотрудникам, работающим в отрасли, необходимо будет получать дополнительное образование.

В 2019 году утвержден профессиональный стандарт для консультантов в области развития цифровой грамотности населения (цифровых кураторов). Согласно которому целью деятельности данных специалистов является консультирование по вопросам применения информационно-коммуникационных технологий в различных сферах жизни, содействие развитию цифровой грамотности различных групп населения [2].

Стандартом устанавливаются требования к образованию и опыту работы, необходимые специалисту для выполнения этих функций, соответственно на его основе необходимо выстраивать все должностные инструкции работающих в данной отрасли.

Особо следует отметить недавно опубликованный Минтрудом России проект профессионального стандарта «Специалист по моделированию, сбору и анализу данных цифрового следа», который сейчас находится на обсуждении и доработке для применения во всех отраслях, в том числе и в АПК.

Применительно к формированию кадрового потенциала сферы АПК с учетом навыков и компетенций в цифровом пространстве, важно определить несколько основных категорий, работающих в данной отрасли:

– молодые специалисты – их подготовка для новых предприятий в основном ведется на условиях целевого набора;

– работающие в отрасли на условиях сезонной работы и периодического привлечения для работы;

– высококвалифицированные специалисты с ИТ-навыками и компетенциями;

– категория предпенсионеров, которые имеют профессиональный опыт, но цифровые направления их необходимо постоянно совершенствовать.

Механизм подготовки специалистов для АПК на условиях целевого набора являться приоритетным направлением взаимодействия предприятий различных форм собственности и образовательных организаций.

Для специалистов, привлекаемых в отрасль на сезонные работы, можно использовать федеральные программы, реализуемые Правительством РФ. Например, по инициативе Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации уже второй год реализуется проект цифровой грамотности для населения. Так, в 2019 году заявки можно было подать на программы дополнительного профессионального образования по 22 направлениям цифровой экономики. В постоянно пополняемом каталоге курсов оператора проекта Университет–2035 уже сейчас доступно более 100 образовательных программ от 33 вузов, колледжей и платформ онлайн-образования [3].

По итогам 2019 года самые популярные направления получения цифровых сертификатов представлены на рис. 1 [4].

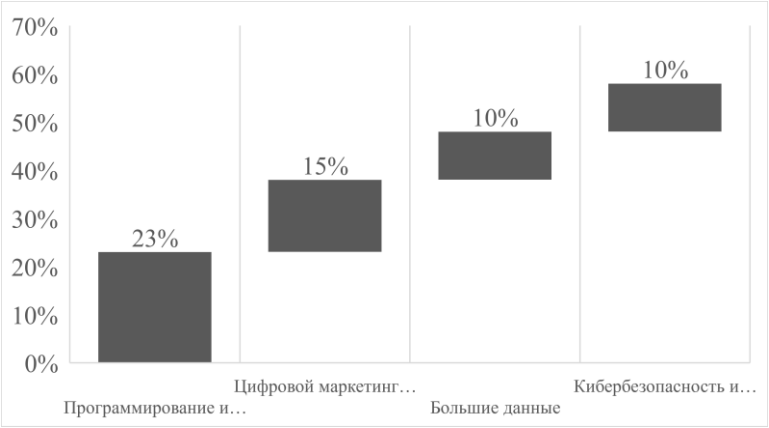


Рис. 1. Самые популярные направления получения цифровых сертификатов

Для работающих в отрасли АПК предпенсионеров существуют также специальные программы получения цифровых навыков. В целях сохранения занятости лиц 50-ти лет и старше в данных программах предполагается использовать инструменты целевого обучения для работодателей.

Вышеуказанные программы помогут обрести цифровые навыки уже работающим в сфере АПК специалистам за счет бюджета.

Таким образом, нет никаких сомнений, что цифровизация будет являться основным инструментом, позволяющим улучшить работу в сфере АПК, подбирать квалифицированных специалистов для работы на предприятиях новых форм собственности, а также совершенствовать квалификационные характеристики уже работающих в отрасли специалистов.

Список использованных источников

1. Паспорт национального проекта Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 04.06.2019 № 7). – URL : http://www.consultant.ru/document /cons_doc_LAW_328854.

2. Профессиональный стандарт «Консультант в области цифровой грамотности населения», утвержденный Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 31 октября 2018 года № 682н. – URL : http://fgosvo.ru/uploadfiles/profstandart/ 06.044.pdf.

3. Гарафутдинова, Н. Я. Применение цифровых технологий на предприятиях различных форм собственности как один из факторов инновационной среды // Двадцать шестые Апрельские экономические чтения : материалы всероссийской научно-практической конференции, 14 апреля 20320 г. / Н. Я. Гарафутдинова, Р. С. Симак ; под ред. В. А. Ковалева, А. И. Ковалева ; Министерство экономики Омской обл., Омский филиал Финансового университета при Правительстве РФ, Омский науч. центр [и др.]. – Омск : Фин. ун-т при Правительстве РФ, 2020. – С. 199 – 203.

4. В пяти пилотных регионах подвели итоги обучения жителей цифровым компетенциям по персональным цифровым сертификатам / Официальный портал Правительства Ростовской области. – URL : https://www.donland.ru/news/7665

References

1. Passport of the national project national program «Digital economy of the Russian Federation» (approved by the Presidium of the Council under the President of the Russian Federation for strategic development

and national projects, proto-Col of 04.06.2019 № 7). – URL : http://www.consultant.ru/document /cons_doc_LAW_328854.

2. Professional standard «Consultant in the field of digital literacy of the population», approved by Order of the Ministry of labor and social protection of the Russian Federation on October 31, 2018 No. 682n. – URL : http://fgosvo.ru/uploadfiles/profstandart/06.044.pdf.

3. Garafutdinova, N. Ya. Application of digital technologies at enterprises of various forms of ownership as one of the factors of innovation environment // Twenty-sixth April economic readings : materials of the all-Russian scientific and practical conference, April 14, 20320 / N. Ya. Garafutdinova, R. S. Simak ; edited by V. A. Kovalev, A. I. Kovalev ; Ministry of Economics of the Omsk region, Omsk branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Omsk scientific center [and others]. – Omsk : fin. UN-t under the Government of the Russian Federation, 2020. pp. 199 – 203.

4. In five pilot regions, the results of training residents in digital competencies on personal digital certificates were summed up / Official portal Of the government of the Rostov region. – URL : https://www.donland.ru/news/7665

УДК 338.635

А. А. Дубовицкий, Э. А. Климентова
(ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», кафедра экономики и коммерции, Мичуринск, Россия, e-mail: daa1-408@yandex.ru, klim1-408@yandex.ru)

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОХОЗЯЙСТВА РЕГИОНА В ПРОЦЕССЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Аннотация. Высокий уровень дифференциации землеемкости производства сельскохозяйственной продукции в пределах Тамбовской области свидетельствует о резервах роста реализации производственного потенциала агрохозяйства. Раскрытие производственного потенциала агрохозяйства может стать условием реализации стратегии импортозамещения. Это требует пересмотра системы землепользования с учетом экологических требований воспроизводства почвенного плодородия.

Ключевые слова: сельское хозяйство, импортозамещение, земельные ресурсы.

A. A. Dubovitski, E. A. Klimentova
(Michurinsk State Agrarian University,
Department of Economics and Commerce, Michurinsk, Russia)

ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF THE PRODUCTION POTENTIAL OF AGRICULTURAL ENTERPRISES IN THE REGION IN THE PROCESS OF IMPORT SUBSTITUTION

Abstract. The High level of differentiation of land intensity of agricultural production within the Tambov region indicates the reserves of growth in the implementation of the production potential of the agro-economy. The disclosure of the agricultural production potential may become a condition for the implementation of the import substitution strategy. This requires a review of the land use system, taking into account the environmental requirements for the implementation of soil fertility reproduction.

Keywords: agriculture, import substitution, land resources.

Ориентиры экономической стратегии государства на импортозамещение, обозначенные Президентом и правительством Российской Федерации, нашли свое отражение в различных проектах и программах развития, в том числе в Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Соответствующая программа действует и на территории Тамбовской области, одной из целей которой является «ускоренное импортозамещение в отношении основных видов сельскохозяйственной продукции, а также продуктов ее переработки». На федеральном уровне импортозамещение предполагает защиту национальных приоритетов социально-экономического развития, и направлено на поддержку отечественного производителя и повышение самообеспеченности страны сельскохозяйственной продукцией.

Самообеспеченность сельскохозяйственной продукцией на региональном уровне характеризуется отношением произведенной продукции на территории региона к внутреннему ее потреблению, выраженному в процентах. За период реализации Государственной программы был обеспечен существенный рост производства многих видов сельскохозяйственной продукции. Валовый сбор зерна с 2013 г. по 2019 г. увеличился на 13,9%, подсолнечника – на 32,2%, сахарной свеклы – на 18,6%. В то же время производство картофеля сократилось на 27,9%, овощей на 24,7%. В итоге, население области в настоящее время снабжается многими видами сельскохозяйственной продукции завозимой из других регионов. По данным управления сельского хозяйства уровень самообеспеченности области овощами составляет 65%, фруктами

и ягодами только 26%. И определяющее значение здесь, на наш взгляд, имеет уровень использования производственного потенциала агрохозяйства региона, и, прежде всего, земельных ресурсов.

1. Землеемкость производства продукции в агрохозяйстве Тамбовской области, 2019 г.*

Наименование	Землеемкость производства 1 ц, га				
	зерновые и зерно-бобовые культуры	подсолнечник на зерно	сахарная свекла	карто-фель	овощи открытого грунта
В среднем по области	0,0314	0,0412	0,0022	0,0056	0,0051
Бондарский район	0,0333	0,0472	0,0021	0,0062	0,0056
Гавриловский район	0,0389	0,0412	0,0024	0,0062	0,0057
Жердевский район	0,0310	0,0338	0,0019	0,0062	0,0057
...					
Рассказово				0,0062	0,0056
Уварово				0,0062	0,0055

* Рассчитано авторами по данным Тамбовстата (http://tmb.gks.ru/)

На основе официальных данных Тамбовстата и предложенных нами методических подходов к оценке эффективности использования земли [1] были определены натуральные показатели землеемкости производства основных сельскохозяйственных культур в муниципальных образованиях Тамбовской области (табл. 1).

Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высоком уровне дифференциации землеемкости производства сельскохозяйственной продукции в пределах Тамбовской области. Наибольшей колеблемостью отличается землеемкость производства овощей с размахом вариации около 45% и сахарной свеклы – 32%. Менее вариативна землеемкость производства зерна и подсолнечника – около 10%. Основываясь на концепции общего потребления земельных ресурсов как совокупности рационального потребления и перепотребления [2], были рассчитаны рациональная и структурная землеемкость производства продукции в агрохозяйстве области. А, используя показатель

структурной землеемкости в качестве возможной величины повышения эффективности использования земельных ресурсов, нами были определены перспективы роста производства продукции (табл. 2).

2. Перспективы реализации производственного потенциала в агрохозяйстве Тамбовской области, 2019 г.

Наименование	Потенциал роста производства продукции				
	зерновые и зерно-бобовые культуры	подсолнечник на зерно	сахарная свекла	картофель	овощи открытого грунта
По области	7379,9	1720,5	7678,1	1902,8	550,7
Бондарский район	253,6	103,1	29,7	41,9	10,9
Гаврилов-ский район	452,4	62,7	394,8	29,8	22,0
Жердевский район	359,8	0,0	0,0	57,1	17,4
…					
Рассказово				14,2	16,2
Уварово				14,2	6,3

* Рассчитано авторами по данным Тамбовстата (http://tmb.gks.ru/)

Потенциальная продуктивность земли как основного средства производства сельского хозяйства достижима при осуществлении простого или расширенного типа воспроизводства почвенного плодородия, что подтверждается результатами многих исследований [3, 4]. Используя элементы балансового инструментария, мы оценили величину и структуру возникающих на региональном уровне дисбалансов, а также необходимую потребность в органических и минеральных удобрениях для их компенсации.

По расчетам, возделывание всех основных сельскохозяйственных культур в области сопровождается отрицательным балансом элементов почвенного плодородия. Ежегодная убыль гумуса составляет от 0,1 до 1,6 т на 1 га, а потери минеральных элементов от 159,6 до 580,0 кг. д. в. на 1 га. Допущенные потери элементов почвенного плодородия требуют соответствующего внесения органических и минеральных удобрений, использования различных элементов биологизации земледелия. Максимальное количество которых требуется на посевах сахар-

ной свеклы, картофеля и овощей – около 8 т органики на 1 га, и более 6 ц минеральных удобрений в физическом весе. В целом по области, для обеспечения бездефицитного баланса почвенного плодородия по пяти основным группам культур, в годовом исчислении требуется дополнительное внесение 16,9 млн. т органических и 1,2 млн. т минеральных удобрений.

Учет эколого-экономических аспектов использования земельных ресурсов будет способствовать дальнейшему наращиванию объемов производства при условии воспроизводства почвенного плодородия, реализации производственного потенциала агрохозяйства и достижению заявленных целей по импортозамещению.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Тамбовской области в рамках научного проекта № 19-410-680002.

Список использованных источников

1. Дубовицкий, А. А. Экономическая эффективность использования земельных ресурсов: методический аспект / А. А. Дубовицкий, Э. А. Климентова // Экономика сельского хозяйства России. – 2019. – № 7. – С. 18 – 23.

2. Климентова, Э. А. Эффективность использования земли в сельскохозяйственном производстве Тамбовской области / Э. А. Климентова, А. А. Дубовицкий, Н. И. Греков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. – № 4. – С. 77 – 81.

3. Использование земельных ресурсов в сельском хозяйстве Белгородской области / А. С. Строков, О. А. Макаров, Н. М. Светлов, Д. А. Логинова // Экономика региона. – 2019. – Т. 15, Вып. 3. – С. 893 – 907.

4. The impact of soil conservation and output diversification on farm income in Central American hillside farming / B. Bravo-Ureta, D. Solis, H. Cocchi, R. Quiroga // Agricultural Economics. – 2006. – V. 35, № 3. – P. 267 – 276.

References

1. Duboviczkij, A. A. E`konomicheskaya e`ffektivnost` ispol`zovaniya zemel`ny`x resursov: metodicheskij aspekt / A. A. Duboviczkij, E`. A. Klimentova // E`konomika sel`skogo xozyajstva Rossii. – 2019. – № 7. – P. 18 – 23.

2. Klimentova, E`. A. E`ffektivnost` ispol`zovaniya zemli v sel`skoxozyajstvennom proizvodstve Tambovskoj oblasti / E`. A. Klimentova, A. A. Duboviczkij, N. I. Grekov // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 4. – P. 77 – 81.

3. Ispol`zovanie zemel`ny`x resursov v sel`skom xozyajstve Belgorodskoj oblasti / A. S. Strokov, O. A. Makarov, N. M. Svetlov, D. A. Loginova // E`konomika regiona. – 2019. – V. 15, vy`p. 3. – P. 893 – 907.

4. The impact of soil conservation and output diversification on farm income in Central American hillside farming / B. Bravo-Ureta, D. Solis, H. Cocchi, R. Quiroga // Agricultural Economics. – 2006. – V. 35, № 3. – P. 267 – 276.

УДК 332.15

А. А. Дубовицкий, Э. А. Климентова
(ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»,
кафедра экономики и коммерции, Мичуринск, Россия,
e-mail: daa1-408@yandex.ru, klim1-408@yandex.ru)

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Аннотация. Цифровизация экономической сферы формирует предпосылки применения в сельском хозяйстве информационных технологий, способствующих формированию рационального природопользования. В статье авторами предложена модель функционирования аналитической электронной платформы в качестве основы обеспечения эколого-ориентированного землепользования.

Ключевые слова: сельское хозяйство, природопользование, цифровизация.

A. A. Dubovitski, E. A. Klimentova
(Michurinsk State Agrarian University,
Department of Economics and Commerce, Michurinsk, Russia)

PROBLEMS AND PROSPECTS OF FORMATION OF RATIONAL NATURE MANAGEMENT IN THE DIGITAL ECONOMY

Abstract. Digitalization of the economic sphere creates prerequisites for the use of information technologies in agriculture that contribute to the formation of rational environmental management. In the article, the authors propose a model for the functioning of an analytical electronic platform as a basis for ensuring environmental-oriented land use.

Keywords: agriculture, nature management, digitalization.

Современное состояние экономики в большинстве случаев характеризуется нерациональным использованием природных ресурсов, ведущим к разбалансированности системы взаимодействия общества и природы. Основной проблемой природопользования в аграрной сфере, в значительной степени, определяющей объемы производства и качество жизни населения, является деградация земель, почвенного и растительного покрова. В этих условиях, успешное функционирование и развитие аграрной экономики во многом определяется возможностью обеспечения воспроизводства параметров почвенного плодородия.

Невозможность предупредить падение плодородия, а в дальнейшем своевременно среагировать и преодолеть его последствия часто приводит к потере значительной части урожая. Ситуация крайне осложняется отсутствием инструментов, позволяющих сформировать информационную среду для принятия взвешенных управленческих решений в этой сфере. Становится очевидной насущная необходимость агрохозяйства во внедрении информационных технологий, позволяющих обеспечить планирование, учет, анализ и возможность контроля воспроизводственных процессов в землепользовании. На данном этапе представляется разумным создание единой электронной платформы для сельского хозяйства с целью рационализации природопользования, представленных для удобства в виде схемы (рис. 1).

При отсутствии специализированных программных продуктов контроль воспроизводства почвенного плодородия может быть организован с использованием имеющегося инструментария, например аналитических процедур Microsoft Office. При этом для оценки происходящих изменений в процессе чередования культур в севообороте важно обеспечить постоянное функционирование системы в онлайн формате [1]. Создание и внедрение такой системы в хозяйствах позволит открыть широкое поле для анализа и обработки информации, оценки рисков экологического воздействия, выбора и реализации стратегии землепользования по рационализации природопользования.

Однако само по себе наличие данных автоматически не улучшает экологичность землепользования. Информация не имеет смысла без ее правильного применения. Основная задача заключается в организации использования доступных данных таким образом, чтобы способствовать менеджменту принимать оптимальные, взвешенные решения.

Создание подобной системы потребует определенных финансовых вложений, однако внедрение ее в работу позволит значительно повысить как экономическую эффективность использования природных ресурсов, так и обеспечить соблюдение необходимых экологических требований.

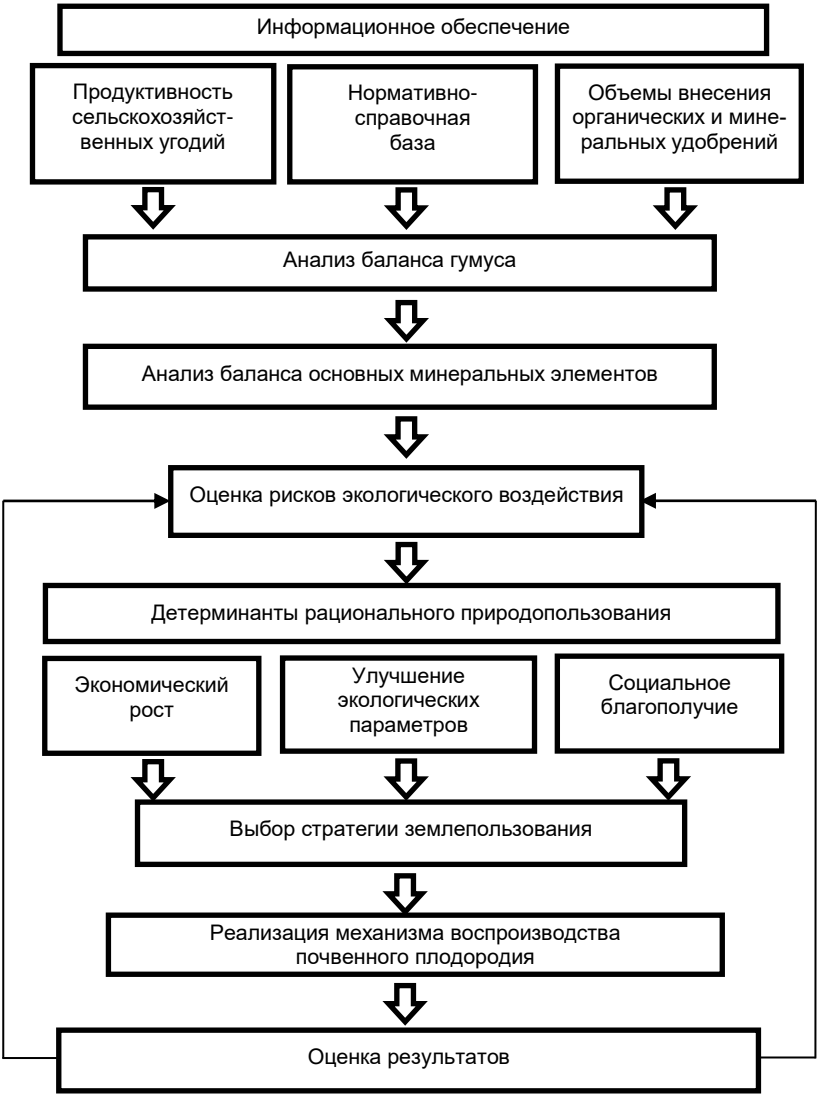


Рис. 1. Модель эколого-ориентированного землепользования как основа рационального природопользования в агрохозяйстве

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Тамбовской области в рамках научного проекта № 19-410-680002.

Список использованных источников

1. Эколого-экономические основы эффективного землепользования в агропромышленном комплексе: перспективы реализации продовольственной безопасности / А. А. Дубовицкий, Е. А. Климентова, Е. К. Карпунина, Н. В. Черемисина // Повышение качества образования и инновационного менеджмента на основе видения – 2020 : сб. тр. 33-й Междунар. Бизнес-Ассоциации управления информацией конференции, IBIMA 2019. – 2019. – С. 2687 – 2693.

References

1. Ecological and economic foundations of effective land use in agriculture: the implementation prospects of food security / A. A. Dubovitski, E. A. Klimentova, E. K. Karpunina, N. V. Cheremisina // Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2019: Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020. – 2019. – P. 2687 – 2693.

УДК 641.1/.3

И. В. Иванова
(Тамбовский филиал ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», кафедра инженерных дисциплин, Тамбов, Россия, e-mail: aniri1901@yandex.ru)

ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ШКОЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Аннотация. Рассмотрено действующее меню для школьного питания. Представлены результаты анализа содержания основных пищевых веществ в блюдах обеденной группы и выявлены пути обогащения продуктов для питания школьников.

Ключевые слова: школьное питание, пищевые вещества, функциональные продукты.

I. V. Ivanova
(Tambov Branch of the Michurinsky State Agrarian University, Department of Engineering Disciplines, Tambov, Russia)

PROBLEMS AND DIRECTION OF SCHOOL NUTRITION DEVELOPMENT

Abstract. The current menu for school meals is Considered. The analysis of the content of the main food substances in the dishes of the dining group is presented and the ways of enriching the food for schoolchildren are revealed.

Keywords: school nutrition, food substances, functional products.

Школьное питание всегда было одной из важных задач социальной направленности, а в настоящее время данная проблема стала еще важней, ввиду увеличения детской и подростковой заболеваемости. Основой в питании растущего организма является сбалансированность всех пищевых веществ и использование продуктов хорошего качества. Так как именно происхождение сырья для приготовления пищи играет основную роль.

При составлении школьного меню руководствуются справочниками и сборниками технических нормативов, рассчитывая пищевую ценность блюд, но невозможно обеспечить поставку жиров, белков, углеводов, витаминов и других веществ в нужном количестве, если не контролировать качество сырья, ведь сборники написаны с учетом качественных продуктов, на основе именно такого сырья написаны рецептуры и нормативы.

Современное школьное питание строится на основании фундаментальных знаний о механизмах усвоения и превращения пищи с учетом возрастных и физиологических потребностей детского растущего организма. Правильно подобранное и организованное школьное питание является важнейшей задачей для восполнения пищевых веществ во время учебных занятий. При этом решаются вопросы восполнения дефицита пищевых веществ с помощью специального подбора необходимых пищевых продуктов, способов их обработки и режима питания, а также внесение в детский рацион функциональных продуктов и биологически активных добавок к пище, естественно, природного натурального происхождения.

Концепция оптимального питания разработана в НИИ питания РАМН и является основой в организации и школьного питания. Школьное питание должно осуществляться за счет:

– использования функциональных пищевых продуктов с заданным химическими свойствами, обогащенных эссенциальными пищевыми веществами и микронутриентами в качестве дополнительного питания;

– включение в диетический рацион специализированных пищевых продуктов в качестве дополнительного питания и/или применение биологически активных добавок к пище как дополнительных источников микронутриентов и минорных биологически активных веществ;

– включение в состав блюд смесей композитных сухих, позволяющих повысить пищевую плотность диетического рациона, обеспечить адекватное поступление в организм макро- и микронутриентов, а также оптимизировать питание детей [3].

Целью настоящей работы явилось проведение анализа пищевой ценности детского питания в среднем учебном заведении на основании

действующего десятидневного меню. Данные о присутствии в блюдах обеденной группы белков, жиров, углеводов витаминов и микроэлементов представлены по дням в табл. 1 [3].

Анализируя данные табл. 1, можно ясно видеть, что в рационе ежедневно, на основе расчетов, присутствует переизбыток витамина А. Вероятно, составители руководствовались тем, что витамин А оказывает положительное влияние на дефицит железа и улучшает усвоение железа, но в половине случаев наблюдается недостаток железа в блюдах.

1. Пищевые вещества в действующем школьном меню

Дни	Избыток витаминов	Недостаток витаминов
1 день	B1, A, E, Fe	Белки, углеводы, Ca, P, Mg, Fe
2 день	A	B1, C, E, Ca, P
3 день	A	P, C, B1
4 день	A	Белки, жиры, углеводы, E, Ca, P, Mg, Fe
5 день	A	B1, C, Ca, P, Mg, Fe
6 день	A, Fe, Mg	Белки, жиры, углеводы, B1, C, Ca, P
7 день		Белки, жир, углеводы, Ca, P, Fe
8 день	A, Fe	Углеводы, B1, C, A, E, Ca, P, Mg
9 день	A	B1, C, E, Ca, P, Mg
10 день	Белки, A, Mg, Fe	C, E, Ca, P

Недостаток белков, жиров, углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов можно видеть каждый день. Причем все пищевые вещества имеют серьезное значение для растущего организма. Особенно стоит отметить дни, когда имеет место быть недостаток белков, жиров и углеводов.

С другой стороны, представленное школьное меню по-своему разнообразно, но результат очевиден. Хочется надеяться, что дети получают недостающие пищевые вещества с домашней едой, но зачем тогда составление таблиц пищевой ценности в меню, если очевиден недостаток основных пищевых составляющих.

Проанализировав недостающие пищевые вещества в меню можно компенсировать недостачу, путем введения в обеденную группу блюд 7 граммов (1 чайная ложка) кунжута. Данная добавка может быть использована для компенсации недостачи витаминов B1, B2, B6, B9, PP,

макро- и микроэлементов – Ca, Mg, Ph, Fe, Cu, Se и Zn. Но для использования кунжута по назначению он должен быть хорошего качества. Естественным образом использование семян кунжута скажется на стоимости обеда школьника, увеличив его стоимость на 10%, и замене технологических карт приготовления блюд, что требует уже более значительного вложения средств. Поэтому меню, которое было проанализировано на содержание пищевых веществ существует и до настоящего времени.

Кунжут не следует рассматривать как панацею компенсации недостатка пищевых веществ, так как существует значительное количество других пищевых биологически активных добавок, полученных различными технологическими способами путем высушивания [1] или экстрагирования [2]. Использование таких добавок позволит не только компенсировать пищевую ценность меню, но и улучшить общее развитие детского организма. Также такие добавки, используют, например, в осенне-зимний период, когда высока заболеваемость простудными заболеваниями, за счет содержания в добавках веществ высокой антиоксидантной активности.

Список использованных источников

1. Вакуумная техника и технологии в производстве продуктов питания функционального назначения / И. В. Иванова, Е. П. Иванова, Ю. В. Родионов, А. С. Зорин, Н. Н. Мочалин // Инновационные технологии в производстве функциональных продуктов питания : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – 2014. – С. 76.

2. Гуськов, А. А. Получение экстрактов из растительного сырья с помощью вакуум-импульсных технологий / А. А. Гуськов, С. А. Анохин, Ю. В. Родионов // Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья : материалы I Всерос. конф. с международным участием. – 2019. – С. 443.

3. Сборник технических нормативов – Сборник рецептур на продукцию диетического питания для предприятий общественного питания / под ред. М. П. Могильного и В. А. Тутельяна. – М. : ДеЛи плюс, 2013. – 808 с.

References

1. Vacuum equipment and technologies in the production of functional food products / I. V. Ivanova, E. P. Ivanova, Yu. V. Rodionov, A. S. Zorin, N. N. Mochalin // Innovative technologies in the production of functional food products : Materials of the all-Russian scientific and practical conference. – 2014. – P. 76.

2. Guskov, A. A. Obtaining extracts from plant raw materials using vacuum-pulse technologies / A. A. Guskov, S. A. Anokhin, Yu. V. Rodionov // Import-Substituting technologies and equipment for deep complex processing of agricultural raw materials. Materials of the I all-Russian conference with international participation. – 2019. – P. 443.

3. Collection of technical standards-a Collection of recipes for dietary food products for public catering companies / Edited by M. P. Mogilny and V. A. Tutelyan. – Moscow : Delhi plus, 2013. – 808 p.

УДК 681.5

Р. Е. Ковергин, В. Н. Шамкин
(ПАО «Газпром нефть», Санкт-Петербург, Россия;
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Конструирование радиоэлектронных
и микропроцессорных систем», Тамбов, Россия,
e-mail: roman.kovergin@gmail.com, shamkin-v@mail.ru)

ТРАНСФОРМАЦИЯ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПОЧКАМИ ПОСТАВОК ПРОДУКЦИИ ВЕРТИКАЛЬНО-ИНТЕГРИРОВАННЫХ КОМПАНИЙ

Аннотация. Рассмотрен подход к трансформации процесса интегрированного планирования и управления цепочками поставок продукции вертикально-интегрированных компаний с использованием экспертно-аналитического модуля, сформулированы ожидаемые результаты.

Ключевые слова: вертикальная интеграция, интегрированное планирование, поддержка принятия решений, работа с отклонениями, управление цепями поставок, цифровая трансформация.

R. E. Kovergin, V. N. Shamkin
(PJSC Gazprom Neft, Saint Petersburg, Russia;
Tambov State Technical University, Department of Design
of Radio-electronic and Microprocessor Systems, Tambov, Russia)

TRANSFORMATION OF INTEGRATED PLANNING AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT FOR PRODUCTS OF VERTICALLY INTEGRATED COMPANIES

Abstract. An approach to transforming the process of integrated planning and supply chain management for products of vertically integrated companies using an expert-analytical module is considered, the expected results are formulated.

Keywords: vertical integration, integrated planning, decision support, work with deviations, supply chain management, digital transformation.

Вертикальная интеграция как форма организации ведения бизнеса имеет существенное конкурентное преимущество относительно других организационных форм − она позволяет осуществлять контроль за деятельности группы компаний и их процессов по всей цепочке создания стоимости конечного продукта. Однако, такой вид организации деятельности существенным образом усложняет задачу оптимального управления группой предприятий и их цепями поставок (ЦП).

Для объединения усилий всех звеньев бизнеса вертикально-интегрированной компании (ВИК) в нефтяной отрасли применяются подходы и методы интегрированного планирования, которые позволяют объединить несколько сегментов бизнеса, таких как ресурсное обеспечение, производство, логистика и сбыт, что позволяет управлять группой компаний как единым целым. Интегрированный подход в данном случае подразумевает создание сквозного плана, объединяющего всю цепочку создания стоимости и формирование экономически обоснованного баланса между спросом рынка и предложением (возможностями) ВИК, которая стремится производить ровно столько продукции, сколько способна произвести, поставить и реализовать с учетом имеющихся ограничений и потребностей рынка [1].

Инструментами поддержки принятия решений в процессах интегрированного планирования являются автоматизированные системы, которые позволяют эффективно планировать снабжение сырьем, производство, распределение и поставки готовой продукции, а также осуществлять контроль исполнения интегрированной системы планов [2].

Вследствие волатильности рынков и быстрой смены экономической конъюнктуры реализация интегрированных планов ЦП ВИК происходит в среде с высокой степенью неопределенности, что порождает большое число отклонений от исходных оптимальных интегрированных планов ЦП. В результате изменения спроса на продукцию, меняется структура поставок ВИК, что ставит перед компанией задачу эффективной реакции на эти изменения.

С развитием цифровых технологий и реализации в ВИК программ цифровой трансформации разрабатываются новые подходы и инструменты, которые открывают новые возможности для анализа и использования большого объема накопленных экспертных и аналитических данных, которые постоянно возникают при управлении сложными объектами в среде с высокой степенью неопределенности [3]. Поток фактической информации по цепочке добавленной стоимости подлежит сбору, систематизации, а также созданию методик по их обработке и хранению, что позволит в будущем внедрять новые элементы управления ЦП.

На основе накопленной информации разрабатывается математический аппарат, описывающий случайные процессы, связанные с изменением структуры поставок ВИК, вследствие возникающих изменений в их работе по причине воздействия факторов неопределенности различной природы. Полученные результаты позволят построить модель принятия решений, связанных с разработкой экспертно-аналитического блока (ЭАБ) и методики его использования. Целью разработки ЭАБ является повышение эффективности системы управления ЦП и снижение неопределенности при принятии решений в процессах формирования и корректировки интегрированных планов цепей поставок, которые в результате позволят усилить конкурентные позиции ВИК на рынке и обеспечат лидерство в вопросе экономической эффективности.

Список использованных источников

1. Рефлов, В. А. Мы создаем эффективную систему планирования / В. А. Рефлов // Сибирская нефть. – 2018. – № 5/152. – С. 44–45.

2. Ковергин, Р. Е. Информационная система поддержки принятия решений, основанная на интеллектуальном анализе данных / Р. Е. Ковергин, В. Н. Шамкин // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы IV-й Междунар. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. Тамбов, 10 – 12 июля 2017 г. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2017. – С. 256–257.

3. Ковергин, Р. Е. Цифровая трансформация в управлении цепями поставок ВИНК / Р. Е. Ковергин, В. Н. Шамкин // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Всерос. науч. конф. Тамбов, 17–18 декабря 2019 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – С. 289 – 291.

References

1. Reflov, V. A. We create an effective planning system / V. A. Reflov // Siberian Oil. – 2018. – № 5/152. – P. 44–45.

2. Kovergin, R. E. Information system of decision support based on data mining / R. E. Kovergin, V. N. Shamkin // Energy saving and efficiency in technical systems : materials of the IV-th International scientific conference students, young scientists and specialists. Tambov, July 10 – 12, 2017. – Tambov : Publishing house of Pershita R. V., 2017. – P. 256–257.

3. Kovergin, R. E. Digital transformation in VINK supply chain management / R. E. Kovergin, V. N. Shamkin // Digital transformation in energy : materials of the All-Russian scientific conference. Tambov, December 17–18, 2019. – Tambov : Publishing Center of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “TSTU”, 2020. – P. 289 – 291.

УДК 004.94

М. В. Лишилин, А. Н. Аверкин, В. А. Дорохин, Л. Н. Теряев
(Институт системного анализа и управления
ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна», Дубна, Россия,
e-mail: m.lishilin@gmail.com, vr.lab@uni-dubna.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОПЕРАТОРОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация. Рассмотрено создание образовательного стенда для подготовки операторов сельскохозяйственной техники на основе технологий виртуальной и дополненной реальности. Приведены основные этапы и результаты разработки.

Ключевые слова: виртуальная реальность, образовательный стенд, сельскохозяйственная техника.

M. V. Lishilin, A. N. Averkin, V. A. Dorokhin, L. N. Teryaev
(Institute for Systems Analysis and Management
Dubna State University, Dubna, Russia)

APPLICATION OF VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY TECHNOLOGIES IN TRAINING OPERATORS OF AUTOMATED AGRICULTURAL MACHINERY

Abstract. The article considers the creation of an educational stand for training operators of agricultural machinery based on virtual and augmented reality technologies. The main stages and results of development are presented.

Keywords: virtual reality, educational stand, agricultural machinery.

Обновление парка сельскохозяйственной техники, переход агропромышленных предприятий на современное высокотехнологичное оборудование требует соответствующего обновления программ и технологий от образовательных организаций, выпускающих операторов автоматизированной сельскохозяйственной техники. Однако, закупка и содержание современной техники в объеме и ассортименте, необходимом для качественной подготовки специалистов требует очень серьезных затрат и не всегда доступны для образовательных организаций. Возникает отставание образовательных технологий подготовки операторов сельскохозяйственной техники, невозможность формирования актуальных профессиональных компетенций операторов.

Решением данной проблемы может стать применение новых образовательных подходов, использующих информационные технологии, все шире применяющиеся в агропромышленном комплексе [1]. Создание образовательных тренажеров, максимально реалистично имитирующих необходимые процессы управления сельскохозяйственной техникой при помощи технологий виртуальной и дополненной реальности, может помочь образовательным организациям повысить качество обучения и сократить затраты на закупку дорогостоящей техники.

Один из вариантов реализации такого решения – обучающий стенд, предназначенный для использования в образовательном процессе СПО для формирования профессиональных компетенций операторов сельскохозяйственной техники, разработан сотрудниками лаборатории виртуальной реальности и центра искусственного интеллекта государственного университета «Дубна».

Разработка стенда выполнялась в рамках работ по гранту Правительства «Разработка и создание программно-аппаратного комплекса (ПАК) для автоматического беспилотного управления сельскохозяйственной техникой при возделывании земельных участков Московской области с реализацией облачных сервисов построения маршрутов на трехмерной модели поверхности и удаленным мониторингом оператора на основе технологий VR/AR».

Партнером разработки стал аграрно-технологический техникум «Дубна», предоставивший доступ к сельскохозяйственным полигонам и технике для их моделирования и оказавший содействие в разработке учебно-методического комплекса.

В рамках разработки тренажера были созданы модели сельскохозяйственных полигонов в виртуальной реальности, на которых будет выполняться обучение. Разработаны реалистичные модели тракторов и выполнено программирование поведения трактора, создана возможность настройки таких параметров как мощность, крутящий момент, настройки подвески. На рисунке 1 представлена разработанная модель трактора.

Для обучения студентов СПО управлению тракторами выполнено моделирование элементов управления и реализованы механизмы взаимодействия обучающихся с элементами управления в виртуальной реальности, разработан набор алгоритмов управления трактором, учитывающих различные режимы и условия работы.

Созданное программное обеспечение позволяет выбрать модель трактора, выполнять различные сценарии обучения, такие как «Знакомство с трактором», проезд по полигону, «змейка» и другие.

Разработанное программное обеспечение тренажера позволяет при необходимости быстро добавлять и настраивать новые модели тракторов.

Рис. 1. Модель трактора

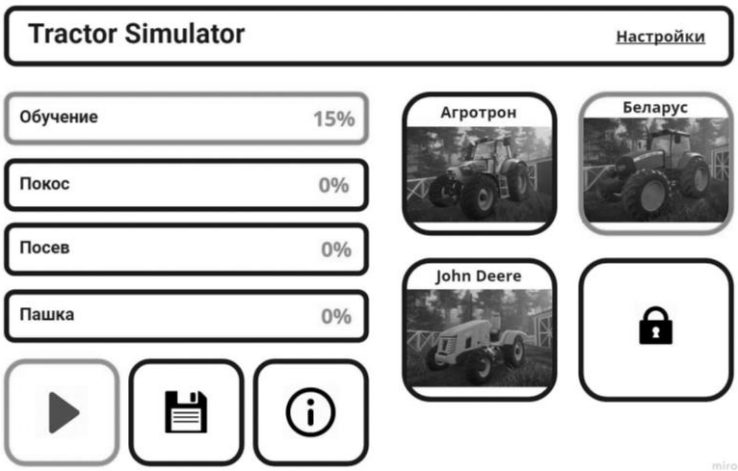


Рис. 2. Интерфейс обучающегося

Результаты выполнения сценариев фиксируются в системе, что позволяет анализировать прогресс того или иного студента, выявлять возникающие в процессе обучения проблемы. На рисунке 2 представлен макет интерфейса системы.

Созданный образовательный стенд может явиться эффективным дополнительным инструментом подготовки операторов сельскохозяйственной техники и позволит снизить затраты образовательных организаций на приобретение новых образцов техники.

Результаты разработки будут использоваться в образовательном процессе Аграрно-технологического техникума «Дубна» и, в последствии, в других организациях СПО сельскохозяйственного профиля.

Список использованных источников

1. ИТ в агропромышленном комплексе России [Электронный ресурс]. – URL : https://www.tadviser.ru/a/355086 (дата обращения: 15.07.2020).

References

1. IT in the agro-industrial complex of Russia [Electronic resource]. – URL : https://www.tadviser.ru/a/355086 (date accessed: 15.07.2020).

УДК 004.415.2

А. И. Мартышкин
(ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», кафедра «Вычислительные машины и системы», Пенза, Россия, e-mail: alexey314@yandex.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Аннотация. Проанализированы методы формального описания и определения временных ограничений системы реального времени. Описаны механизмы определения временных нарушений. Реализован и протестирован модуль профилирования временных нарушений. Проведена апробация предлагаемого модуля профилирования в системе реального времени.

Ключевые слова: профилирование процессов, система реального времени, операционная система, временные ограничения, статистика, тестирование.

A. I. Martyshkin
(Penza State Technological University, Department of Computers and Systems, Penza, Russia)

RESEARCH OF PROCESS MILLING METHODS IN REAL-TIME OPERATING SYSTEMS USED IN THE AGROINDUSTRY COMPLEX

Abstract. Methods of formal description and determination of time constraints of the real-time system are analyzed. Mechanisms for determining temporary violations are described. The module for profiling temporary violations has been implemented and tested. The proposed profiling module was tested in a real time system.

Keywords: process profiling, real-time system, operating system, time limits, statistics, testing.

На сегодняшний день системы реального времени широко применяются в различных областях: в авиационной и космической технике, в автомобилях и офисной технике, в агропромышленном комплексе.

Практически все системы промышленной автоматизации являются системами реального времени. Для обеспечения интерфейса к ресурсам критических ко времени систем реального времени используются операционные системы реального времени (ОСРВ).

Цель исследования заключается в анализе методов профилирования процессов операционных систем реального времени для определения возможных способов сбора статистики по нарушению временных ограничений в процессе работы системы. Для достижения этой цели поставлена следующая задача: анализ методов наблюдения за нарушениями временных ограничений в ОСРВ. Областью исследования являются методы оценки качества проектирования систем реального времени. Объектом исследования являются процессы в ОСРВ. Предметом исследования являются методы, средства и инструменты профилирования процессов ОСРВ. Теоретическая основа данной работы включает в себя основные положения, принципы и проблемы профилирования систем реального времени, содержащиеся в трудах отечественных и зарубежных авторов: Д. Е. Дерюгина, К. А. Костюхина, Д. Дрискола и др. Основным методом исследования, который использовался при написании статьи, является анализ.

Анализ методов профилирования временных ограничений процессов в ОСРВ. Профилирование также используется при построении надежных и отказоустойчивых систем. На основе собранных данных система может без вмешательства человека распределять нагрузку или отключать определенные подсистемы с целью предотвратить возможные расходы и последствия. Поэтому при профилировании также важно обеспечить автоматический сбор статистики по нарушениям во время работы системы.

Реализация модуля профилирования временных ограничений. В качестве ОСРВ, для которой реализуется механизм определения нарушений заданных временных ограничений, выбрана многозадачная, бесплатная ОСРВ с открытым исходным кодом FreeRTOS, для которой существует разнообразные плагины и модули, встраиваемые в IDE, облегчающие процесс разработки. В данной ОСРВ используется понятие задачи для обозначения минимальной единицы работы, для выполнения которой предоставляются ресурсы процессора [1, 2].

Целевым микроконтроллером, на котором запущена ОСРВ FreeRTOS v8.2.1, является PIC32MX320F128H в составе доступной платформы chipKIT Uno32. Разработка велась в MPLAB X IDE v3.51 с использованием компилятора XC32 v1.42.

Функциональные возможности системы под управлением FreeRTOS реализуются множеством отдельных независимых задач. Каждая задача имеет собственный контекст без случайных зависимостей от других задач и ядра FreeRTOS. Задачи в FreeRTOS представле-

ны в виде Си-функций. Функция, реализующая задачу, обязательно должна быть типа void и иметь один аргумент – указатель на void, определенный как pdTASK_CODE.

Определение нарушений крайних сроков. Каждое событие, возникающее в системе, описывается структурой event_t. Абсолютное время возникновения события occurrenceTime вычисляется по выражению

$$T_{abs} = C*1/V, \quad (1)$$

где C – количество системных тиков с момента запуска диспетчера; V – частота системного тика.

На рисунке 1 изображена зависимость времени обработки события от размера журнала для различных конфигураций с использованием реализованного модуля.

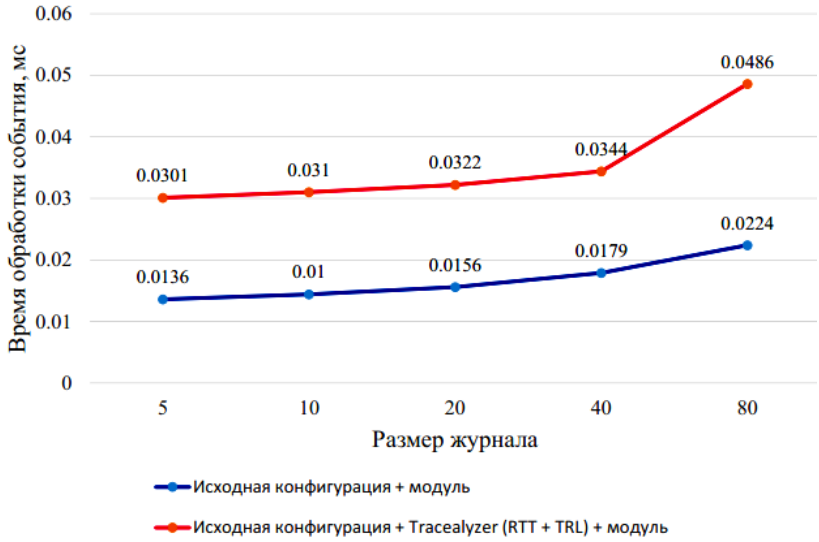


Рис. 1. Зависимость времени обработки события от размера журнала

На основе результатов проведенных тестов можно сделать вывод, что накладные расходы вычислительных ресурсов реализованного модуля составили примерно 0,5%. В результате проведенного стресс-тестирования была выявлена линейная зависимость времени обработки события от размера журнала. Это связано с тем, что в процессе определения нарушений осуществлялся проход по всему журналу в поисках произошедшего события, от которого существует срок.

Список использованных источников

1. Krzyzanowski, P. Process Scheduling [Электронный ресурс] / P. Krzyzanowski. – 2015. – URL : https://www.cs.rutgers.edu/~pxk/416/notes/07-scheduling.html, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

2. The FreeRTOS™ Reference Manual [Электронный ресурс] / Real Time Engineers Ltd. – 2016. – 353 с. – URL : http://www.freertos.org/Documentation/FreeRTOS_Reference_Manual_V9.0.0.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

References

1. Krzyzanowski, P. Process Scheduling [Electronic resource] / P. Krzyzanowski. – 2015. – URL : https://www.cs.rutgers.edu/~pxk/416/notes/07-scheduling.html, free. – Caption from the screen. – English.

2. The FreeRTOS™ Reference Manual [Electronic resource] / Real Time Engineers Ltd. – 2016. – 353 c. – URL : http://www.freertos.org/Documentation/FreeRTOS_Reference_Manual_V9.0.0.pdf, free. – Caption from the screen. – English.

УДК 631.171:658.011.56

В. И. Меденников

(Вычислительный центр им. А. А. Дородницына ФИЦ «Информатика и управление» РАН, Москва, Россия, e-mail: dommed@mail.ru)

НЕИЗБЕЖНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ АПК

Аннотация. Дается теоретическое осмысление предшествующего опыта информатизации АПК России в комплексе с тенденциями цифровой трансформации сельского хозяйства развитых стран в целях эффективных научных подходов к начавшейся цифровизации отрасли в России.

Ключевые слова: цифровая платформа, интеграция, информатизация.

V. I. Medennikov

(Computer Center of A. A. Dorodnitsyn of FRC “Computer Science and Control” of RAS, Moscow, Russia)

INEVITABILITY OF FORMING A SINGLE DIGITAL PLATFORM FOR THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Abstract. The theoretical understanding of the previous experience of informatization of the agricultural sector of Russia in combination with the trends of digital transformation of agriculture of developed countries with the aim of effective scientific approaches to the digitalization of the industry in Russia is given.

Keywords: digital platform, integration, informatization.

В настоящее время информатизация (цифровизация) общественного развития перешла в четвертый этап своей эволюции, существенно затрагивающий трансформацию сферы данных, приложений и программного обеспечения. С каждым новым этапом возрастали требования к интеграции указанных ресурсов, исходя из экономической целесообразности в тиражировании информационных систем (ИС) на некоторое множество предприятий. В процессе тиражирования ИС потребовалась разработка стандартов на две основные оси проектного пространства ИС: информационные ресурсы (ИР), приложения [1].

Цифровая трансформация обозначила перед АПК такие же вызовы, которые возникли в конце прошлого века при переходе информатизации к третьему этапу, связанному с появлением персональных компьютеров (ПК) и началом их массового внедрения в стране. Важнейшее отличие заключается в том, что благодаря прозорливости двух великих ученых-академиков Н. Н. Моисеева и А. А. Никонова накануне этого был создан Всероссийский научно-исследовательский институт кибернетики АПК (ВНИИК), в котором была собрана большая команда выпускников МФТИ (около 50). ВНИИК основной стратегией информатизации АПК выбрал идеи Общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством в СССР (ОГАС), предложенной выдающимися российскими учеными А. И. Китовым и В. М. Глушковым [1]. Эти идеи предполагают формирование единой системы сбора и анализа учетной и статистической отчетности, внедрение типовых ИС. Симбиоз идей ОГАС и системного научного подхода Н. Н. Моисеева к управлению сложными системами позволил ВНИИК применить к проектированию ИС АПК наиболее рациональный подход – разработка комплексных, типовых ИС на эталонных объектах с последующим тиражированием отработанных, испытанных систем на остальные предприятия.

Проблема тиражирования ИС, исходя из прогноза массового внедрения ПК в сельском хозяйстве, была решена за счет разработки технологии синтеза оптимальных ИС, в основе которой находилась соответствующая модель [2]. В результате модельных расчетов были получены и разработаны онтологические и логические модели технологических БД в растениеводстве, животноводстве, механизации и т.д., а также функциональные управленческие задачи с типовым описанием алгоритмов, единые для всех сельскохозяйственных предприятий России. Аналогичным образом была проведена интеграция на основе онтологического моделирования технологических БД и алгоритмическо-

го обеспечения перерабатывающих предприятий. Полученные таким образом модели были протестированы, утверждены комиссией министерства и рекомендованы в качестве основного стандарта в АПК. Кроме того, технология синтеза оптимальных ИС позволила разработать еще один стандарт. Это стандарт на первичную учетную информацию, представляющий из себя универсальный вид сбора и хранения: вид операции, объект операции, место проведения, кто проводил, дата, интервал времени, задействованные средства производства, объем операции, вид и объем потребленного ресурса.

В последующем данная модель была обобщена до математической модели формирования цифровых платформ (ЦП) [1]. Сформированная на ее основе ЦП является интеграцией в единой облачной базе данных (ОБД) всех данных первичного, технологического и статистического учета отраслей на базе смоделированной унифицированной системы сбора, хранения и использования ее, единых классификаторов, справочников, нормативов, прочих реестров всех материальных, интеллектуальных и человеческих ресурсов.

Полученные таким образом модели на сегодняшний день могут служить прообразом цифровых стандартов на оси: ИР и ось приложений. Заметим, что на Западе постепенно склоняются к такой же концепции интеграции данных и систем. Так, компания J'son & Partners Consulting [3] считает, что в настоящее время в сельском хозяйстве формируются две ЦП на базе облачных технологий: платформы-агрегаторы экономической информации (платформы для первичного сбора и накопления данных) и прикладные платформы. При этом считается, что только при облачном подходе будет достигнута наибольшая эффективность цифровизации производства, поскольку в этом случае информация становится доступна для предприятий всех размеров, а не только для отдельных наиболее крупных из них, что особенно актуально для России с ее большим количеством малых хозяйств. Данная концепция скажется на взаимоотношениях между производителями и партнерами цепочки добавленной стоимости (логистические, оптовые фирмы, розничные сети) за счет реализации облачных технологий модели прямых продаж, когда производитель «видит» всех участников цепочки, вплоть до конечного потребителя, соответственно, сроки, объем и номенклатуру спроса. В этом случае широкое внедрение цифровых технологий в любое производство позволяет перейти к новому типу производственных предприятий: от фазы контроля качества после фазы производства к принципу текущего контроля всех производственных операций.

Список использованных источников

1. Меденников, В. И. Математическая модель формирования цифровых платформ управления экономикой страны / В. И. Меденников // Цифровая экономика. – 2019. – № 1. – С. 25 – 35.

2. Меденников, В. И. Теоретические аспекты синтеза структур компьютерного управления агропромышленным производством / В. И. Меденников // Аграрная наука. – 1993. – № 2. – С. 16 – 18.

3. Цифровизации сельского хозяйства в России не хватает данных [Электронный ресурс]. – URL : http://www.iksmedia.ru/news/5533967-Czifrovizacii-selskogo-xozyajstva.html#ixzz6KBD7IYEP (дата обращения: 22.04.2020).

References

1. Medennikov, V. I. A mathematical model for the formation of digital platforms for managing the country's economy / V. I. Medennikov // Digital Economy. – 2019. – № 1. – P. 25 – 35.

2. Medennikov, V. I. Theoretical aspects of the synthesis of structures of computer control of agricultural production / V. I. Medennikov // Agrarian science. – 1993. – № 2. – P. 16 – 18.

3. Digitalization of agriculture in Russia is not enough data [Electronic resource]. – URL : http://www.iksmedia.ru/news/5533967-Czifrovizacii-selskogo-xozyajstva.html#ixzz6KBD7IYEP (accessed: 04.22.2020).

УДК 378.1

А. И. Попов, Д. С. Алексенцев
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: popov.ai@mail.tstu.ru)

АКСИОЛОГИЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТА АПК В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ

Аннотация. Выявлены направления аксиологии аналитического мышления специалиста сельского хозяйства в условиях цифровизации деятельности. Сформулированы условия результативности олимпиадного движения в достижении нравственных идеалов и формировании нацеленности на использование аналитического мышления для интенсификации деятельности предприятий АПК.

Ключевые слова: ценностные ориентиры, цифровая компетентность, инновации, сельское хозяйство, олимпиадное движение.

A. I. Popov, D. S. Aleksencev
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

AXIOLOGY OF ANALYTICAL THINKING OF AN AGRIBUSINESS SPECIALIST IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION OF PUBLIC RELATIONS

Abstract. The directions of axiology of analytical thinking of the agricultural specialist in the conditions of digitalization of activity are revealed. The conditions for the effectiveness of the Olympiad movement in achieving moral ideals and forming a focus on the use of analytical thinking to intensify the activities of agricultural enterprises are formulated.

Keywords: value orientations, digital competence, innovations, agriculture, Olympiad movement.

Изменения в экономике и общественных отношениях, вызванные интенсивной цифровизацией всех процессов и глобализацией, обуславливают значимость развития духовного компонента личности человека. Перенесение многих процессов в виртуальную реальность посредством их математического моделирования, возможность многократно проходить одни и те же этапы деятельности и обезличенность трудовых ресурсов при взаимодействии в цифровом пространстве усиливает аналитический характер мышления специалиста при снижении нравственной составляющей. Инновационное обновление технических систем и используемых технологий в сельском хозяйстве в силу присутствующего в нем высокого уровня риска, необходимости взаимозаменяемости членов коллектива и их взаимопомощи (особенно в небольших хозяйствах) предопределяет значимость формирования ценностных ориентиров у специалистов отрасли для эффективной производственной деятельности в условиях цифровизации. С одной стороны, специалист должен при принятии решений ориентироваться в информационных потоках [1] и использовать передовые технологии для выбора оптимального вектора развития сельскохозяйственного предприятия [2], с другой, – отдавать приоритет совершенствованию личностных и профессиональных характеристик работников, их готовности гармонично сочетать собственные аналитические способности и возможности цифрового пространства.

Ключевыми направлениями аксиологии аналитического мышления специалиста АПК будут понимание значимости каждого человека для достижения инновационного прорыва в сельском хозяйстве и нацеленность на творчество, интегрирующее потенциал трудового коллектива, благоприятные условия Черноземного региона и возмож-

ности цифровых технологий по сокращению доли нетворческих затрат времени работников.

Формирование ценностных ориентаций при развитии аналитического мышления наиболее интенсивно происходит в деятельности, предполагающей нестандартность действий, необходимость сочетать индивидуальные и корпоративные цели, ограниченность ресурсов (как материальных и финансовых, так и временных). Наиболее предпочтительной формой будет вовлечение студентов в олимпиадное движение [3]. Причем цифровые преобразования в социально-экономической сфере позволят вывести олимпиадное движение на новый уровень, позволяющий каждому обучающемуся творчески реализовывать свой потенциал в соответствии со своими потребностями и интеллектуальными возможностями.

Приоритетными условиями результативности олимпиадного движения в достижении нравственных идеалов и формировании нацеленности на использование аналитического мышления для интенсификации деятельности сельскохозяйственных предприятий будут:

– рассмотрение в качестве олимпиадных задач адаптированных проблемных ситуаций в деятельности знакомых обучающемуся хозяйств или актуализированных самим студентов по результатам трудовой деятельности и прохождения практики;

– педагогическое сопровождение, ориентирующее студентов на анализ ситуации, объективную оценку внешних факторов и внутренних ресурсов техничкой или социально-экономической системы, моделирование ее функционирования и рассмотрение различных вариантов развития ситуации;

– использование проектного подхода при создании смешанных коллективов обучающихся при исследовании комплексной проблемной ситуации, требующей для разрешения применения потенциала цифрового пространства и информационных технологий;

– реализация принципа импульсного педагогического воздействия, при котором чередуются познавательная деятельность повышенного уровня сложности в условиях недостатка времени, самостоятельная работа по получению новых умений и навыков, групповая рефлексия и совместная релаксация (позволяющая через познание специфики личностных интересов сформировать подлинную толерантность);

– построение цифрового взаимодействия обучающихся на основе установленных личных контактов в рамках предшествующих традиционных форм обучения, очных творческих соревнований и конференций;

– усиление воспитательного воздействия на обучающихся посредством включения в содержание обучения результатов деятельности значимых для обучающихся личностей: преподавателей вуза, работников АПК региона, ученых в данной области знания, связанных с общественной жизнью региона.

Учет при подготовке специалистов АПК аксиологических аспектов и творческая направленность формируемого аналитического мышления позволит интенсифицировать цифровую трансформацию сельского хозяйства страны и сохранить гуманистический характер использования человеческого капитала и национальные традиции.

Список использованных источников

1. Романенко, А. В. Об информационных основах принятия решений при управлении хозяйствующим субъектом / А. В. Романенко, А. И. Попов, В. Л. Пархоменко // Наука и бизнес: пути развития. – 2013. – № 8. – С. 134 – 136.

2. Поляков, Д. В. Оптимизация управления финансовой деятельностью на основе теории нечетких множеств / Д. В. Поляков, А. И. Попов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 64 – 78.

3. Попов, А. И. Олимпиады как инструмент формирования творческих общекультурных компетенций специалистов и оценивания уровня их сформированности / А. И. Попов, Е. А. Ракитина // Alma mater: Вестник высшей школы. – 2016. – № 1. – С. 71 – 75.

References

1. Romanenko, A. V. On information bases of decision-making in the management of an economic entity / A. V. Romanenko, A. I. Popov, V. L. Parkhomenko // Science and business: ways of development. – 2013. – № 8. – P. 134 – 136.

2. Polyakov, D. V. Optimization of financial management based on the theory of fuzzy sets / D. V. Polyakov, A. I. Popov // Bulletin of Tambov state technical University. – 2020. – V. 26, № 1. – P. 64 – 78.

3. Popov, A. I. Olympiads as a tool for forming creative General cultural competencies of specialists and evaluating the level of their formation / A. I. Popov, E. A. Rakitina // Alma mater: Bulletin of the higher school. – 2016. – № 1. – P. 71 – 75.

УДК 631.15

Н. С. Попов, О. В. Милованова, Л. Н. Чуксина
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Природопользование и защита окружающей среды», Тамбов, Россия, e-mail: eco@nnn.tstu.ru;
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина», кафедра «Зарубежная филология и прикладная лингвистика», Тамбов, Россия)

О НАУЧНЫХ ЗАДАЧАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОМ САДОВОДСТВЕ

Аннотация. Рассмотрен подход к построению системы управления промышленным садом на платформе концепции природо-промышленных макросистем. Приведена характеристика промышленного сада как объекта управления. Представлена схема управления промышленными садами.

Ключевые слова: управление, промышленный сад, природо-промышленные макросистемы.

N. S. Popov, O. V. Milovanova, L. N. Chuksina
(Tambov State Technical University, Department of Nature Management and Environmental Protection, Tambov, Russia;
Tambov State University named after G. R. Derzhavin, Department of Foreign Philology and Applied Linguistics, Tambov, Russia)

ABOUT THE SCIENTIFIC OBJECTIVES OF DIGITALIZATION IN INDUSTRIAL HORTICULTURE

Abstract. An approach to building an industrial garden management system based on the concept of natural-industrial macrosystems is considered. The characteristics of an industrial garden as an object of management are given. The scheme of management of industrial gardens is presented.

Keywords: management, industrial garden, nature-industrial macrosystems.

На современном этапе развития сельскохозяйственной отрасли экономики России четко обозначилась тенденция на использование цифровых технологий для повышения эффективности и устойчивости ее функционирования за счет перехода на качественно новый уровень управления.

В рамках ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» выделено семь основных направлений цифровой трансформации сельского хозяйства и научно-технического развития с перспективой внедрения в субъектах РФ шести проектов полного инновационного

комплексного научно-технического цикла сквозных цифровых систем: «Цифровые технологии в управлении АПК», «Цифровое землепользование», «Умное поле», «Умный сад», «Умная теплица», «Умная ферма» [1].

Целью проекта «Умный сад» является разработка интеллектуальной технической системы, осуществляющей в автоматическом режиме анализ информации о состоянии агробиоценоза сада, принятие управленческих решений и их реализацию роботизированными техническими средствами. К сожалению, отсутствие вербальных и формализованных постановок задач не позволяет сделать вывод о перспективах их качественного исполнения в соответствии с целевыми показателями. Перечислим ряд недостатков программных документов по цифровизации АПК.

Во-первых, за последние десятилетия научные подходы к рассмотрению объектов АПК не изменились. Они рассматриваются не как сложные био-физико-химические макросистемы, а как «черные ящики». Во-вторых, нечетко прослеживается необходимость проведения междисциплинарных исследований объектов АПК. В-третьих, предлагаемые варианты задач связаны, в основном, с построением коммуникационных и мониторинговых систем, в то время как разработка моделей био-физико-химических процессов, протекающих в объектах АПК, не является приоритетной.

Устранить названные недостатки и перевести специалистов на новую мировоззренческую платформу для решения задач «точного» и «умного» земледелия позволяет концепция природо-промышленных макросистем (ППМ) [2, 3], методология применения которой описана в работе [4].

Одной из задач, связанных с управлением промышленным садом (ПС), является его техническое обслуживание на долгосрочном периоде времени. Предположим, что многолетние плодовые культуры ПС находятся в стадии роста, уход (управление) за которыми осуществляют работники предприятия. Это означает, что ПС как объекты управления относятся к классу развивающихся ППМ, для которых свойственны структурные и функциональные изменения.

Целью управления ПС является минимизация работ по их обслуживанию при условии поддержания плодовых культур в наилучшем состоянии.

Представим агробиоценоз ПС в виде дискретной последовательности структурных изменений S_i, $i = \overline{1,n}$, от начала сезонных работ (январь, февраль) до их окончания (октябрь, ноябрь) (рис. 1).

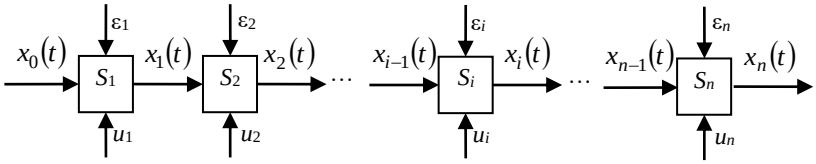


Рис. 1. Процесс развития ПС во времени:
Условные обозначения: S_i – структура ПС на i-м отрезке времени;
$x_i(t), u_i(t), \varepsilon_i(t)$ – соответственно векторы состояний,
управлений, возмущений

Смена структур ПС происходит в случайные моменты времени $\tau_1, \tau_2, \ldots$ и для каждой S_i состояние $x_i(t)$ является функцией времени, подчиняющейся уравнениям вида

$$\dot{x}_i(t) = f_i(x,u,t) + \varepsilon_i(t),\ i = \overline{1,n}, \qquad (1)$$

где f_i – нелинейная векторная функция; $\varepsilon_i(t)$ – вектор нормальных случайных процессов типа белого шума; t – время.

Динамические системы, свойства которых могут качественно изменяться в случайные моменты времени, называются системами со случайными изменениями. Учитывая, что цели управления для каждого S_i могут отличаться, то и критерии оптимизации затрат на управление ПС на i-м отрезке времени $q_i(x,u,t)$ могут быть различны. При этом эффективность стратегии управления всеми S_i, $i = \overline{1,n}$ может оцениваться аддитивным критерием:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} q_i\ . \qquad (2)$$

Управление ПС является оптимальным, если оно минимизирует (2) при ограничениях на управление и векторы состояний. Структурную схему управления представим на рис. 2.

Решение задачи управления ПС, описываемого моделью (1), возможно методом динамического программирования. Акцентом данной работы является не алгоритм ее решения, а обоснование целесообразности использования цифровых методов и средств обработки информации. Так, например, при точных измерениях состояний $x(t) = z(t)$, а иначе необходима фильтрация помехи $\eta(t)$.

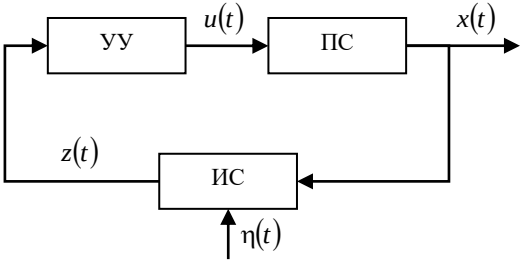


Рис. 2. Схема системы управления:
ПС – промышленный сад; ИС – измерительная система;
УУ – устройство управления; $\eta(t)$ – помеха

Цифровизация задачи управления ПС в более широком смысле означает необходимость построения математической модели объекта управления при каждом структурном изменении; определение моментов времени смены состояний (структуры); измерение состояний без наложения помех; расчет закона управления на всех стадиях обслуживания ПС.

Список использованных источников

1. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.

2. Попов, Н. С. Цифровизация садоводческих предприятий аграрного сектора АПК в системе менеджмента устойчивого развития сельских территорий / Н. С. Попов, М. В. Придорогин, Л. Н. Чуксина // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2019. – № 4(74). – С. 87 – 101.

3. Системный подход к цифровизации деятельности садоводческих предприятий / М. В. Придорогин, А. С. Гордеев, Н. С. Попов, О. В. Пещерова, Л. Н. Чуксина // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2020. – № 1(75). – С. 115 – 124.

4. Попов, Н. С. Разработка системного подхода к решению региональных задач устойчивого развития / Н. С. Попов, О. В. Пещерова, Л. Н. Чуксина // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2018. – Т. 24, № 3. – С. 400 – 423.

References

1. Digital transformation of agriculture in Russia: official. ed. – M. : FGBNU “Rosinformagrotech”, 2019. – 80 p.

2. Popov, N. S. Digitalization of Horticultural Enterprises in the Agricultural Sector of the Agro-Industrial Complex in the Management System for Sustainable Development of Rural Areas / N. S. Popov, M. V. Pridorogin, L. N. Chuksina // Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University. – 2019. – № 4(74). – P. 87 – 101.

3. A Systematic Approach to the Digitalization of Horticultural Enterprises / M. V. Pridorogin, A. S. Gordeev, N. S.Popov, O. V. Peshcherova, L. N. Chuksina // Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University. – 2020. – № 1(75). – P. 115 – 124.

4. Popov, N. S. Developing a System Approach to Deal with Regional Cha llenges for Sustainable Development / N. S. Popov, O. V. Peshcherova, L. N. Chuksina // Transaction of TSTU. – 2018. – V. 24, № 3. – P. 400 – 423.

УДК 378.1

А. И. Попов
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: popov.ai@mail.tstu.ru)

СТУДЕНЧЕСКАЯ НАУКА КАК МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА АПК

Аннотация. Показана значимость студенческой науки для формирования инновационной готовности специалистов АПК и развития их универсальных компетенций. Исследованы особенности организации студенческих научных исследований и конференций, международного сотрудничества в условиях цифровизации.

Ключевые слова: инновационная деятельность, научные исследования, студенческие конференции, цифровизация образования.

A. I. Popov
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

STUDENT SCIENCE AS A MECHANISM FOR FORMING THE PERSONNEL POTENTIAL OF THE AGRO INDUSTRIAL COMPLEX

Abstract. The importance of student science for the formation of innovative readiness of agricultural specialists and the development of their universal competencies is shown. The features of organizing student research and conferences, international cooperation in the conditions of digitalization are studied.

Keywords: innovation activity, scientific research, student conferences, the digitalization of education.

На предприятиях АПК в настоящее время востребованы специалисты, готовые к реализации инновационных проектов, выработке рационализаторских предложений, поиску новых способов производства и реализации продукции [1]. Приходя в учебное заведение для получения связанной с АПК специальности, молодой человек стремится получить хорошую профессию и необходимые компетенции, чтобы обеспечить свое финансовое благополучие в дальнейшем, а также найти способы развивать свои интеллектуальные, креативные, художественные и спортивные способности. Именно гармоничное развитие личности и качественное освоение сферы будущей деятельности обеспечит получение морального и материального удовлетворения в жизни после окончания вуза. Потребность в творческой реализации является одним из основных ценностных ориентиров человека. Но если участие студентов в спортивных мероприятиях и художественных объединениях просто повышают их культурный уровень (что тоже необходимо), то включение в научную деятельность на этапе обучения позволяет не просто ощутить радость творчества и создания нового, но и будет способствовать профессиональному росту (т.е. наблюдается синергетический эффект).

Особую роль играет научно-исследовательская деятельность, которая позволяет развивать востребованные способности, интегрировано с получением профессиональных знаний. Включаясь в проведение научных исследований, студент не только углубляет свои знания в профессии, но и учится находить и анализировать информацию по теме научного поиска, выявлять противоречия и формулировать проблему, предлагать и обосновывать нестандартные решения и творческие идеи, проектировать и осуществлять экспериментальные исследования, представлять полученные результаты и защищать их на основе значимых аргументов. Параллельно приобретаются навыки самоменеджмента и коммуникабельности. Все данные качества будут необходимы на следующих стадиях обучения, не только становясь основой для подтверждения более высокого уровня квалификации, но и позволят получить значимый для народного хозяйства научный результат, а самому обучающему выполнять оплачиваемую исследовательскую работу.

Участие обучающихся по программам бакалавриата в научных исследованиях и представление своих работ на проводимых в вузе республиканских и международных конференциях в области АПК обеспечат установление неформальных контактов со студентами других факультетов, вузов и стран, что при дальнейшей профессиональной реализации сможет стать основой для взаимовыгодного сотрудничества [2].

Очень важно избежать в студенческой науке формального подхода и привлекать студентов к участию в исследованиях только в качестве малоквалифицированной рабочей силы. И здесь решающую роль играет руководитель исследовательского проекта. Студент должен получать задание, превышающее по сложности его текущий уровень компетентности, но вполне самостоятельно выполнимое за отведенное время при правильно организованной познавательной деятельности. Целесообразно планировать участие студентов в научных исследованиях исходя из их способностей, личностных устремлений, отношений с другими членами научного коллектива. Студент должен понимать и общую цель исследования, к которому он приобщен, и цель конкретно порученного именно ему участка работы. А повышенный уровень сложности задания и чувство ответственности за общее дело позволят проявить интеллектуальную активность на высоком уровне и активизировать познавательную деятельность. Тем самым студент не только выполняет определенный объем работы, но и сам активно развивается.

Студенческие конференции являются завершающим этапом определенного научного исследования, которое проходило в рамках стабильного коллектива во главе с преподавателем. Любой творческой деятельности, в том числе и исследовательской, на определенном этапе будет препятствовать психологическая инерция ее участников. Поэтому обязательно необходимо публичное обсуждение выдвинутых идей и полученных результатов при их реализации. Данное обсуждение позволяет провести полноценный этап рефлексии, после которого вносятся изменения как в программу исследования, так и в образовательную траекторию студента (например, при ответах на вопросы выясняется, что какой-то раздел научной области требует дополнительного изучения).

Необходимо сразу сказать, что участие в заочных конференциях, не предполагающих выступлений участников и последующих обсуждений, лишено всякого смысла. Целесообразно или очное участие студентов, или дистанционное обсуждение в формате видеоконференции (последняя форма гораздо слабее по эмоциональному воздействию на участников, но является вынужденной в связи с пандемией). Публикация же статьи в сборнике заочной конференции для развития исследовательских компетенций вообще бесполезна.

Еще одной проблемой в подготовке студентов является боязнь публичных выступлений, неумение красочно, доступно и научно обоснованно представить свои результаты, психологическая неготовность «держать удар» при ответах не неудобные вопросы. Навыки

публичной коммуникации, приобретенные на студенческих конференциях, помогут в дальнейшем при представлении инновационных проектов и ведении собственного бизнеса, установлении деловых контактов и участии в общественной жизни страны.

Научно-исследовательская деятельность в целом и ее этап – выступление на студенческих конференциях – позволяют заложить основу для более серьезных научных изысканий в магистратуре, и сформируют нацеленность на поиск инновационных идей по совершенствованию выпускаемой продукции и развитию АПК. Но более значимым результатом студенческих конференций будут универсальные способности по продвижению своих идей, готовность в процессе дискуссии находить оптимальный способ разрешения проблемы, стрессоустойчивость и умение в условиях ограниченности времени анализировать информацию и адекватно реагировать на внешние факторы.

В каждой конференции кроме научного содержания есть еще и сильный воспитывающий эффект. Приняв участие в дискуссии (которая характерна для обоих форматов конференций), студенты не возвращаются к решению индивидуальных текущих вопросов (честно «отработав» свое выступление и забыв о нем), а остаются в режиме достаточно тесного взаимодействия. Это обеспечивается и совместным проведением досуга, и участием в познавательных экскурсиях в образовательной организации и городе, где проводится конференция. При этом научное общение также продолжается, выясняются интересующие вопросы в неформальной обстановке – это способствует более качественному проведению этапа рефлексии своей научной деятельности, внесению корректирующих мероприятий в программу исследования.

Эпидемиологическая ситуация внесла свои коррективы в научную жизнь, и пока возможны только «on-line» конференции, и необходимо максимально использовать их потенциал для развития студенческой науки [3]. Но конференции типа «on-line» более подходят для узконаправленных научных форумов, где все участники неоднократно встречались ранее и знают направление научных исследований каждого. Там дистанционный формат общения не снизит научной значимости мероприятия. Студенты же только делают первые шаги в науке, очень важно через эмоциональную составляющую очных конференций закрепить в них нацеленность на научное творчество, подсказать актуальное направление исследований, установить интересные контакты со своими сверстниками, которые, возможно, в дальнейшем составят элиту в данном предметной области. Поэтому после стабилизации эпидемиологической ситуации необходимо обязательно вернуться к формату очных студенческих конференций.

Универсальные способности к аналитическому мышлению и генерированию новых идей, способность осуществлять экспериментальную работу и интерпретировать ее результаты, готовность представить работу научному сообществу и скорректировать программу исследования по результатам обсуждения – все они закладываются именно в студенческой науке.

Значительный опыт в организации научных исследований студентами и побуждении их к дальнейшей профессиональной творческой деятельности накоплен в творческом союзе Тамбовского государственного технического университета и Белорусского государственного аграрного технического университета.

Список использованных источников

1. Попов, А. И. Формирование готовности технических специалистов АПК к инновационной деятельности / А. И. Попов, В. М. Синельников, Л. Е. Процко // Агропанорама. – 2017. – № 2(120). – С. 43 – 48.

2. Попов, А. И. Педагогические средства формирования интегрированных творческих компетенций экономистов-менеджеров (в условиях единого образовательного пространства Российской Федерации и Республики Беларусь) / А. И. Попов, В. В. Климук // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 3(57) – С. 131 – 139.

3. Молоткова, Н. В. Механизм использования цифровой образовательной среды в инженерном образовании / Н. В. Молоткова, Е. А. Ракитина, А. И. Попов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2018. – № 2(68). – С. 163 – 172.

References

1. Popov, A. I. Formation of readiness of technical specialists APK for innovation / A. I. Popov, V. M. Sinelnikov, L. E. Procko // Agropanorama. – 2017. – № 2(120). – P. 43 – 48.

2. Popov, A. I. Pedagogical means of formation of integrated creative competences of economists-managers (in the single educational space of the Russian Federation and the Republic of Belarus) / A. I. Popov, V. V. Klimuk // Questions of modern science and practice. V. I. Vernadsky University. – 2015. – № 3(57) – P. 131– 139.

3. Molotkova, N. V. Mechanism of using digital educational environment in engineering education / N. V. Molotkova, E. A. Rakitina, A. I. Popov // Questions of modern science and practice. V. I. Vernadsky University. – 2018. – № 2(68). – P. 163– 172.

УДК 681.5

М. Ю. Рытов
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»,
кафедра «Системы информационной безопасности»,
Брянск, Россия, e-mail: rmy@tu-bryansk.ru)

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНОМ

Аннотация. Рассмотрены основные проблемы создания региональных ситуационных центров.

Ключевые слова: обработка информации, региональные ситуационные центры, информационные порталы.

M. Yu. Rytov
(Bryansk State Technical University,
Department of Information Security Systems, Bryansk, Russia)

CURRENT PROBLEMS OF CREATING SITUATION CENTERS FOR REGIONAL MANAGEMENT

Abstract. The main problems of creating regional situation centers are Considered.

Keywords: information processing, regional situation centers, information portals.

Современным инструментом, который активно внедряется во все сферы деятельности нашей страны, является цифровая экономика, которая стремительно вытесняет старые технологии обработки информации. Сегодня в Российской Федерации, в соответствии с Указом Президента нашей страны и другими нормативными правовыми актами в сфере совершенствования государственного управления, администрации субъектов Российской Федерации и муниципальных образований активно занимаются внедрением новых информационных технологий в развитие региональных ситуационных центров, являющихся платформой для реализации механизмов цифровой экономики.

Одной из приоритетных задач в деле совершенствования государственного управления регионами является создание ситуационных центров (СЦ) органов государственной власти. Если на уровне управления государства задача создания ситуационных центов решается и доведена до практической реализации, то, в большинстве случаев, на уровне регионов создание ситуационных центров находится в стадии разработки концепции или, в лучшем случае, выполнена реализация отдельных компонентов [1].

На основе анализа состояния проблемы создания региональных ситуационных центров можно выделить ряд основных проблем, требующих решения [2].

Во-первых, создание ситуационных центров напрямую связано с необходимостью обеспечения руководителей органов государственной власти оперативной, достоверной и полной информацией, позволяющей на ее основе вырабатывать и принимать оптимальные решения. Поэтому разработка и внедрение новых методов, способов и приемов обработки информации является одной из актуальных задач в деле создания и развития ситуационных центров органов государственной власти.

Во-вторых, основное предназначение ситуационного центра – это поддержка принятия решений и обеспечение этих решений. Качество работы ситуационного центра в большей степени зависит от того, насколько эффективно он работает как система обработки информации. СЦ является и центром обработки информации и вопросы повышения качества обработки информации в ситуационном центре являются актуальными.

В-третьих, анализ известных подходов к реализации систем поддержки и принятия решения в ситуационных центрах, с точки зрения информационного обеспечения, показывает, что при их проектировании появляется ряд трудностей, таких как распределенная обработка информации, сложность описания интегрированных информационных потоков и вычислительная сложность.

В-четвертых, основой успешного функционирования СЦ является информационное обеспечения процесса управления. Основным параметром, который учитывается при проектировании информационного обеспечения СЦ в соответствии с рекомендациями Международного союза электросвязи (МСЭ) является качество обработки информации. Это объясняется тем, что в основу концепции информационного обеспечения СЦ положена идея о создании универсальной среды, которая бы позволила переносить любые виды трафика, а также обеспечивать возможность предоставления неограниченного спектра инфокоммуникационных услуг. В рекомендации МСЭ технология коммутации пакетов определена как одна из основополагающих (фундаментальных) характеристик. Однако, технологию коммутации пакетов (IP) разработали для передачи неравномерного по времени и нечувствительного к задержкам потока данных, а для передачи трафика реального времени (чувствительного к задержке и вариации задержки пакетов) планировалось использование классических систем коммутации каналов. Простота реализации, хорошая документированность и, следовательно, невысокая стоимость оборудования определили динамичное разви-

тие технологии IP. Многочисленными исследователями разрабатывались и продолжают разрабатываться решения по обеспечению необходимого качества обслуживания (QoS) для передачи разнотипного трафика) по единой сети. В рекомендации МСЭ качество обслуживания QoS определено как совокупность характеристик услуг электросвязи, которые имеют отношение к ее возможности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности пользователя услуги. Практика создания ситуационных центров показала, что решить эти проблемы позволяет технология информационных порталов на базе единой транспортно-коммуникационной сети.

Пятое, анализ различных работ зарубежных и отечественных исследователей по построению СЦ, показывает, что трудности при создании среды информационных порталов выступают как результат основного противоречия между традиционными принципами и методами обработки информации при решении задач управления регионом и изменившимся содержанием процессов ее обработки в современных условиях.

Таким образом, решение рассмотренных проблем, возникающих при создании СЦ региональных органов исполнительной власти является актуальной научной задачей, требующей оперативного решения.

Список использованных источников

1. Еременко, В. Т. Теоретические основы управления процессами обработки информации в среде информационных порталов региональных органов исполнительной власти [Электронный ресурс] : монография [Текст] / В. Т. Еременко, М. Ю. Рытов. – Тирасполь : Изд-во Приднестр. ун-та, 2017. – 256 с.

2. Рытов, М. Ю. Теоретические основы управления обменом данными в среде корпоративного портала промышленного предприятия [Электронный ресурс] : монография [Текст] / М. Ю. Рытов, К. А. Мегаев, С. В. Еременко. – Брянск : БГТУ, 2014. – 196 с.

References

1. Eremenko, V. T. Theoretical bases of management of information processing processes in the environment of information portals of regional Executive authorities [Electronic resource] : monograph [Text] / V. T. Eremenko, M. Yu. Rytov. – Tiraspol : Publishing house of Pridnestr. un-ta, 2017. – 256 p.

2. Rytov, M. Yu. Theoretical bases of data exchange management in the environment of the corporate portal of an industrial enterprise [Electronic resource] : monograph [Text] / M. Yu. Rytov, K. A. Megaev, S. V. Eremenko. – Bryansk : BSTU, 2014. – 196 p.

УДК 621.31

В. А. Коротинский, В. Ф. Клинцова, Н. А. Сырокваш
(УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь)

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Аннотация. Рассмотрены проблемы развития энергетической инфраструктуры в сельской местности Республики Беларусь с целью систематизации условий энергоснабжения и выбора приоритетов модернизации. Изучено и предложено использование тепловой, электрической энергии, газоснабжения и автономного водоснабжения на базе возобновляемых источников энергии, разработана перспективная схема энергоснабжения с учетом запросов потребителей.

Ключевые слова: агрогород, энергообеспечение, энергоснабжение, газоснабжение, электроснабжение.

V. A. Korotynsky, V. F. Klintcova, N. A. Syrokvash
(Belarusian State Agrarian Technical University,
Minsk, Republic of Belarus)

POWER SUPPLY OF RURAL SETTLEMENTS

Abstract. The article discusses the problems of developing energy infrastructure in the rural areas of the Republic of Belarus with the aim of systematizing the conditions of energy supply and choosing priorities for modernization.

Keywords: agro-city, power supply, power supply, gas supply, power supply.

Агрогородок – категория населенных пунктов Беларуси. Агрогородки были вынесены в качестве отдельного типа сельских населенных пунктов в 2007 г. в рамках Закона «Об административно-правовом делении и порядке решения вопросов административно-территориального устройства Республики Беларусь», тогда же они получили и официальный статус.

Поставлена задача разработать и предложить использование возобновляемых источников энергии в агрогородках.

Главное отличие агрогородка от поселка – инфраструктура. По замыслу создателей, агрогородок – это возможность жить в сельской местности и при этом пользоваться всеми благами города: эталон, к которому должны стремиться все населенные пункты сельской местности.

Всего по Беларуси создано 1481 агрогородок, что соответствует занятости около 60% сельского населения и аграрного производства.

Запланированная инфраструктура предполагала:

а) энергообеспечение

– обеспечение централизованного и индивидуального водоснабжения;

– повсеместное централизованное снабжение природным газом;
– качественное и надежное электроснабжение;

б) логистика

– хорошее дорожное покрытие на территории агрогородков;
– развитая дорожная сеть, обеспечивающая возможность быстрой связи с близлежащими городами (городом);

в) связь и работа специальных служб

– наличие стационарных телефонов и доступность мобильной связи;
– доступная пожарная помощь и милиция;
– доступная аварийная газовая служба;

г) социальные учреждения и инфраструктура

– достаточное количество торговых объектов с широким ассортиментом продовольствия, хозяйственных товаров и бытовых предметов;
– детские дошкольные учреждения (сады, ясли);
– средние школы;
– объекты после школьного образования (спортивные секции, культурные учреждения, экологические);
– доступная медицинская помощь;
– доступная юридическая помощь.

Сегодня городские жители не стремятся переезжать в агрогородки, а те, которые уже сменили Минск и другие города на жилье в агрогородке, сталкиваются с рядом серьезных проблем. К основным проблемам относятся следующие проблемы:

– неудовлетворительное качество построенных жилых зданий;
– некачественное и ненадежное энергообеспечение;
– крайне слабо развитая инфраструктура.

Главными требованиями к энергетической эффективности агрогородков являются их бесперебойное и качественное энергообеспечение.

Нами была разработана комплексная схема энергоснабжения, которая объединяет в себе три возможных схемы: типовую, альтернативную и перспективную. С позиции совместного эффективного использования различных энергоресурсов и энергетической безопасности агрогородков требуется научное обоснование комплексного использования традиционных централизованных и нетрадиционных местных и возобновляемых энергоресурсов.

Перспективная схема энергообеспечения сельских населенных пунктов (агрогородков) преследует выполнение трех основополагающих задач:

1. Утилизация отходов сельскохозяйственного производства.
2. Получение качественных органических удобрений.
3. Надежное и качественное энергоснабжение потребителей.

Поэтому основным энергетическим источником в данном случае является биогазовый комплекс, который находится в районе расположения сельскохозяйственного производства (источника отходов). Комплекс решает первые две задачи, т.е. утилизацию отходов производства и получения качественных органических удобрений. Кроме того, выработанный биогаз проходит цикл обогащения (удаляются все лишние включения типа CO_2 и H_2S) и направляется в газовую трубу. Газ, представляющий собой CH_4 в чистом виде, направляется по трубопроводу к сельскому населенному пункту, расстояние до которого не должно превышать 8…12 км.

В населенном пункте в центре энергетических нагрузок следует расположить газораспределительный пункт (ГРП) и когенерационную установку, которая должна иметь установленную мощность по выработанной электрической энергии не менее требуемой суммарной нагрузки потребителей агрогородка.

Таким образом, в населенном пункте обеспечивается полное газоснабжение и электроснабжение потребителей качественной и недорогой электрической энергией. Вырабатываемая когенерационной установкой тепловая энергия расходуется на нужды теплофикации (отопление и горячее водоснабжение).

Если количество получаемой тепловой энергии избыточно, то ее излишки можно использовать для получения холода в холодильных системах объектов коммунальных служб (магазины). В случае дефицита тепловой энергии для системы локального теплоснабжения, желательно использовать возобновляемые источники энергии в виде солнечных (вакуумных) гелиоколлекторов. Возможно применение и биогаза в местных локальных котельных установках, но это требует дополнительного технико-экономического обоснования.

Предложенная перспективная схема энергоснабжения, с учетом запросов потребителей, дает возможность использовать практически всю энергию, получаемую на когенерационной установке, приближая ее эффективность к 100%. В этом случае страна не тратит лишнюю валюту на импорт газа и получает экономическую выгоду. К тому же такой подход способствуют улучшению экологии и сохранению озонового слоя.

Список использованных источников

1. Коротинский, В. А. Биоэнергетика : пособие / В. А. Коротинский, К. Э. Гаркуша. – Минск : БГАТУ, 2011 – 148 с

References

1. Korotinsky, V. A. Bioenergy : manual / V. A. Korotinsky, K. E. Garkusha. – Minsk : BGATU, 2011 – 148 p.

УДК 681.5

Е. А. Тихонов[1], В. И. Базыкин[2],
О. А. Герасимова[3], С. В. Соловьев[3]
[1] (ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», кафедра «Транспортные и технологические машины и оборудование», Петрозаводск, Россия, e-mail: tihonov@psu.karelia.ru);
[2] (Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Отдел технологий и механизации работ в животноводстве, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: valentin-bazykin@mail.ru);
[3] (ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия», кафедра «Механизация животноводства и ПЭЭСХ», Великие Луки, Россия, e-mail: olga-gerasimova311@rambler.ru, mavrsol@yandex.ru)

ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. Рассмотрен опыт организации разработки и серийного производства импортозамещающего технологического оборудования для предприятий промышленной аквакультуры Республик Карелия на базе Инженерного парка Петрозаводского государственного университета. Приведены примеры инновационных и импортозамещающих разработок, доведенных до серийного производства.

Ключевые слова: промышленная аквакультура, технологическое оборудование, импортозамещение.

E. A. Tihonov[1], D. I. Baz'ykin[2],
O. A. Gerasimova[3], S. V. Solovyov[3]
[1] (Petrozavodsk State University, Department of Transport and Technological Machinery and Equipment, Petrozavodsk, Russia);
[2] (Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production – branch FSBSI FSAC VIM, Department of Technologies and Mechanization in Animal Husbandry, St. Petersburg, Russia);
[3] (Velikiye Luki State Agricultural Academy, Department of Animal Husbandry Mechanization and Application of Electric Energy in Agriculture, Velikie Luki, Russia)

ORGANIZATION OF COMPLEX PRODUCTION OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR INDUSTRIAL AQUACULTURE IN THE REPUBLIC OF KARELIA. PROBLEMS AND PROSPECTS

Abstract. The experience of organizing the development and serial production of import-substituting technological equipment for industrial aquaculture enterprises of the Republic of Karelia on the basis of the Petrozavodsk state University

Engineering Park is considered. Examples of innovative and import-substituting developments brought to mass production are given.
Keywords: industrial aquaculture, technological equipment, import substitution.

В настоящее время промышленная аквакультура в России развивается высокими темпами. В Республике Карелия сконцентрировано более 70% общего производства товарной форели. При этом идет активное освоение новых рыбоводных участков – в 2017 г. заключено более 100 новых договоров аренды водных биологических ресурсов [1]. В целом по результатам 2017 г. в Республике Карелия было произведено товарной форели почти 25 тыс. т. При этом максимальный объем производства для Республики составляет 35 тыс. т и к 2022 г. данный показатель будет достигнут.

Увеличение объемов производства существующих предприятий промышленной аквакультуры и появление новых ведет к увеличению спроса на технологическое оборудование, при этом, на территории Республики Карелия нет специализированных производств, которые могли бы обеспечивать местные предприятия оборудованием и техническим сервисом. Достаточно большое количество оборудования является импортным и не имеет отечественных аналогов. В Петрозаводском государственном университете ведутся исследования и разработка технологического оборудования и технологий для обеспечения предприятий аквакультуры. Для более эффективной реализации интеллектуального потенциала и внедрения разработок было принято решение об организации на базе Института лесных, горных и строительных наук структуры, получившей название «Инженерный парк» [2]. Изначальная цель данной структуры – повышение эффективности формирования профессиональных компетенций у обучающихся по инженерным направлениям. Наиболее эффективным методом для достижения данной цели является полное вовлечение обучающихся в реальные производственные проекты полного цикла: от патентования идеи до организации серийного производства.

Как уже было сказано выше, практически любая разработка начинается с идеи, которую необходимо запатентовать в той, или иной форме. В структуре Инженерного Парка присутствует Патентное бюро [3]. Только за последние несколько лет от Инженерного парка было подано свыше 30 заявок на патентование результатов интеллектуальной деятельности. В большинстве случаев авторами патентов являются или отдельные обучающиеся либо студенческие коллективы, ведущие совместную работу по различным проектам.

Следующим этапом работ является конструкторская и технологическая проработка проекта. Для этого в Инженерном парке есть Конструкторское бюро [3] и Лаборатория инженерных расчетов и численного моделирования [4]. Здесь выполняются все необходимые расчеты и моделирования для максимальной проработки конструкции на этапе проекта. Используются следующие CAE-системы: ANSYS, SW Simulation, Flow Simulation и др.

Далее работа над проектом переходит на Опытно-производственную площадку [6], где у обучающихся есть возможность выполнять различные работы по мехобработке, сварке, гибке металлов, работа с полимерными материалами на станках с ЧПУ, сварка пластиков и т.д. Здесь проект доводится до стадии опытного образца и проходит все необходимые испытания и доработку. Наиболее востребованные разработки становятся серийными.

Одним из видов технологического оборудования, без которого не обходится ни одно предприятие промышленной аквакультуры, являются рыбоводные садки [7]. В Инженерном парке разработан ряд садков для различных целей. Квадратные металлические садки для молоди и транспортировки живой рыбы по акватории и (см. рис. 1).

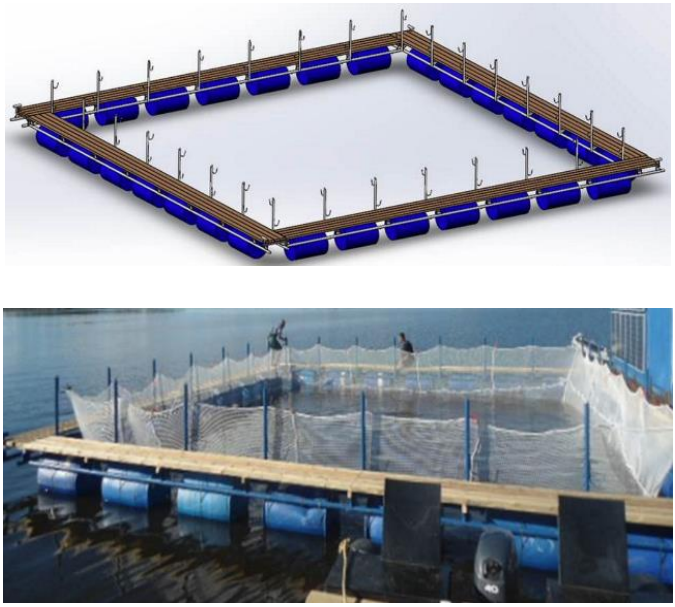


Рис. 1. Металлические садки для молоди (проект и реализация)

Для содержания подрощенной и крупной рыбы были разработаны пластиковые садки большой вместимости, до 30 м в диаметре. Сборка садков, как правило, осуществляется зимой на льду. В собранном виде садки остаются на водоеме до весны, когда и спускаются в воду в «автоматическом» режиме (см. рис. 2).

Рис. 2. Пластиковые садки на воде

Одна из часто встречающихся задач, которые решаются в Инженерном парке – это разработка и расчет систем удержания садковых модулей. Пример проекта системы представлен на рис. 3.

Данная система включает в себя садки размерами 5×5 м и 10×10 м. В центре системы расположен плавучий склад кормов.

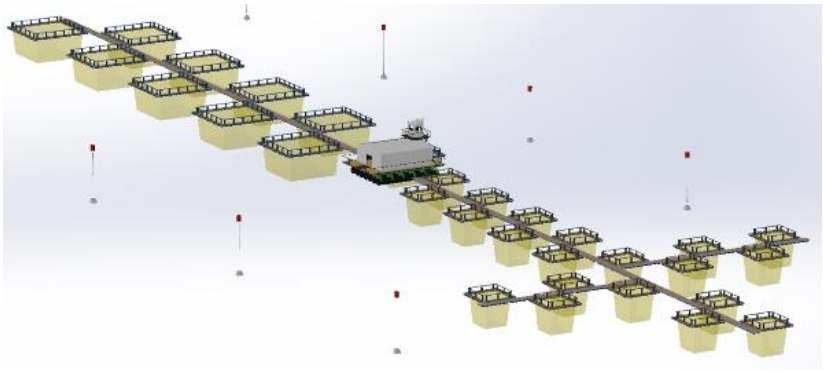


Рис. 3. Система удержания садкового модуля для содержания молоди

Подобные системы удерживаются на одном месте при помощи якорей и системы канатов. Масса якорей и прочность канатов должна быть достаточной для выдерживания ветровых и волновых нагрузок. Самое сложное в данном процессе – учет явления резонанса, когда нагрузки могут возрастать многократно. Это возможно только если использовать численные методы моделирования подобных систем [8]. Пример изменения нагрузки на удерживающий канат представлен на рис. 4.

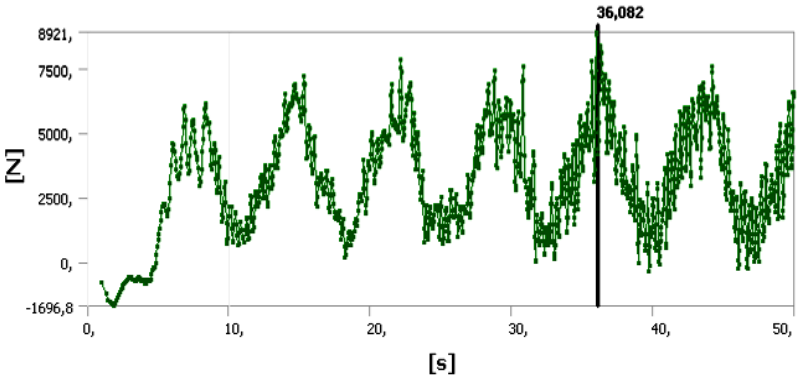


Рис. 4. График изменения нагрузки на удерживающий канат

Ветровые нагрузки рассчитываются в CFD системе FlowSimulation. Пример результата расчета представлен на рис. 5.

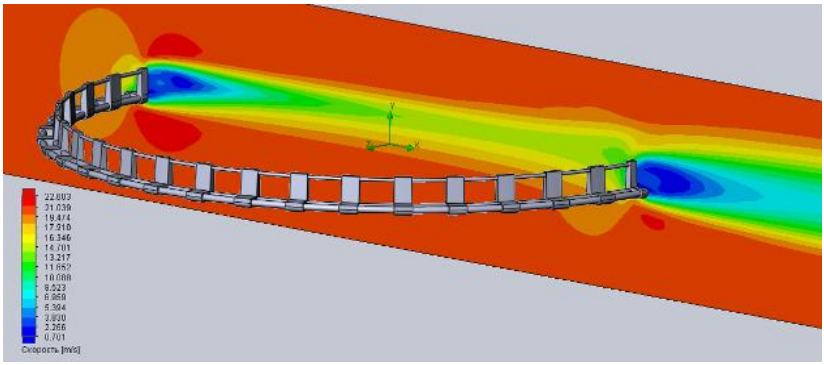


Рис. 5. Результат расчета ветровой нагрузки

Данный расчет позволяет определить силу, действующую на садок от воздействия ветра. Пример комплексной численной модели, учитывающей все нагрузки, представлен на рис. 6.

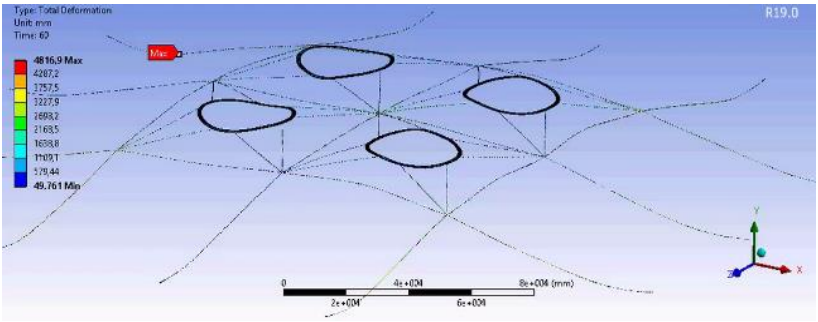


Рис. 6. Комплексная численная модель системы удержания 4-х садков, учитывающая волновые и ветровые нагрузки

Приведенная выше система удержания является традиционной и в инженерном парке разработана только методика расчета. Однако, разработанная методика позволила рассчитывать системы удержания без необходимости применения круглозвенных цепей. Данная система защищена патентом RU196484U1 [9].

Успешно разместив и закрепив садковые модули на водоеме, необходимо их «зарыбить» – запустить туда рыбу. Как правило, для «зарыбления» используется малек массой от 5 до 50 г. Существуют специализированные предприятия, занимающиеся производством малька. Такие предприятия используют в своей деятельности системы замкнутого водоснабжения. Зачастую, малым и средним предприятиям сложно заключать договоры поставки малька, так как объемы закупок не очень интересны производителям малька. Для таких предприятий в Инженерном парке разработан модульный инкубатор для производства малька собственными силами [10]. Основой модуля данного инкубатора является 40-футовый рефрижераторный контейнер типа HightCube. В процессе разработки была спроектирована установка замкнутого водоснабжения (УЗВ), которая обеспечивает полный цикл очистки воды для многократного использования. Проект системы представлен на рис. 7.

Реализованный проект данного инкубатора сейчас работает в Ленинградской области, на одном из форелеводческих предприятий (см. рис. 8).

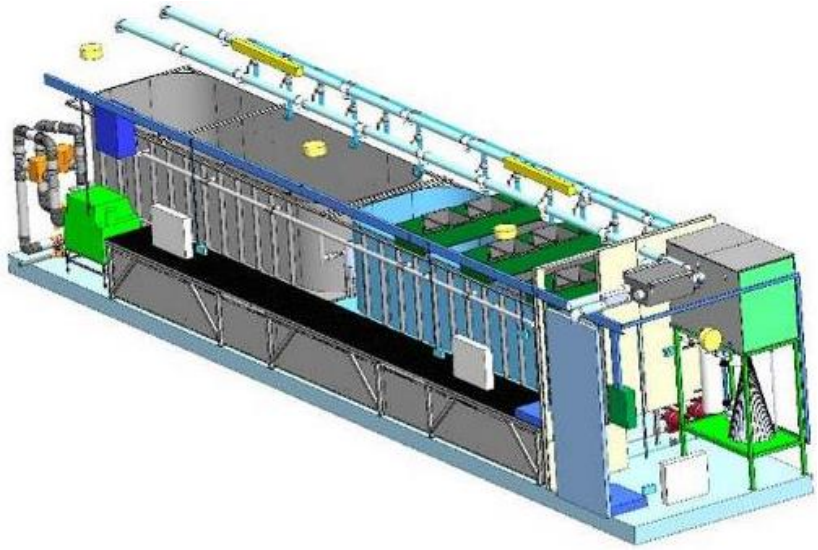


Рис. 7. Проект модульного инкубатора для выращивания малька

Рис. 8. Модульный инкубатор для инкубирования икры и доращивания малька

Оборудование инкубатора (см. рис. 9) позволяет получать 4 генерации малька со следующими параметрами: средняя навеска 12 г., общая биомасса генерации 210…230 кг.

Рис. 9. Инкубационный лоток и емкости для доращивания и малек

После зарыбления садков рыбу необходимо постоянно кормить. Для этого в Инженерном парке ИЛГИСН разработаны различные технические решения. Для кормления рыбы в бассейнах (на этапе доращивания малька) имеется полностью автоматическая кормушка (см. рис. 10).

Рис. 10. Автоматическая кормушка для кормления рыбы в бассейнах

Данная кормушка не имеет аналогов в мире, так как «знает» сколько корма в ней остается и корректирует погрешности в выдаче корма (защищена патентом RU161289U1 [11]), также не требует тарировки.

Для кормления рыбы в садках разработан ряд технических решений для как небольших, так и для крупных предприятий. Для небольших рыбоводческих хозяйств подойдут мобильные кормораздатчики [12], которые позволяют эффективно выдавать корма в садок при единовременной загрузке от 200 до 1200 кг (см. рис. 11 и 12).

Рис. 11. Мобильный кормораздатчик с дозатором на 25 кг и емкостью основного бункера 1200 кг

Данный кормораздатчик позволяет выполнять дозированное кормление и при этом не используются какие-либо механизмы кроме бензинового компрессора. Технические решения данного кормораздатчика защищены рядом патентов [13, 14].

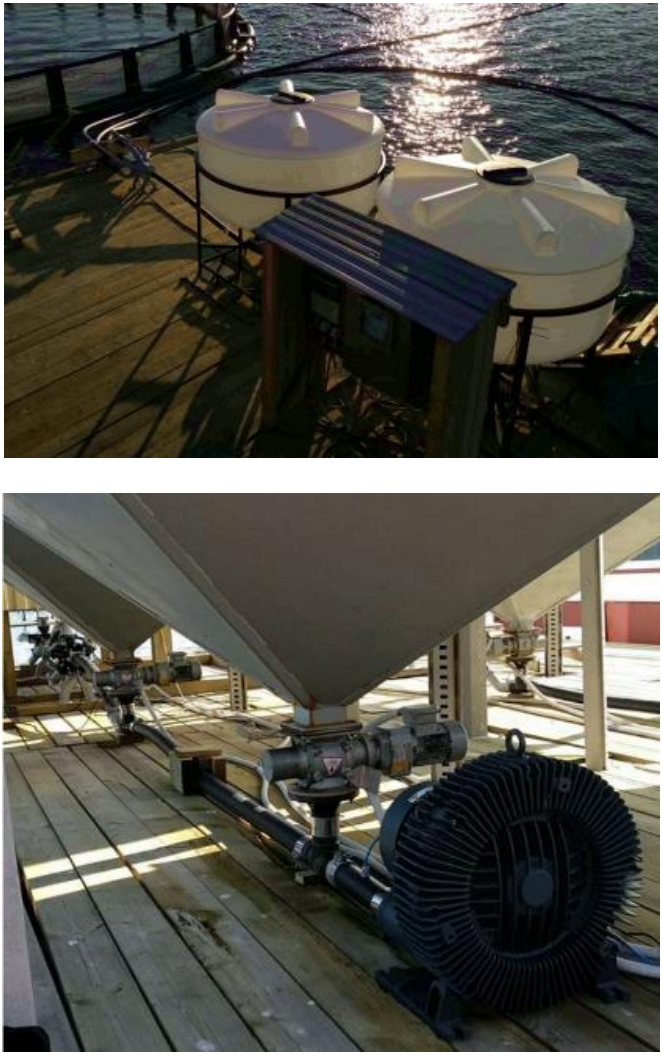


Рис. 12. Автоматическая кормовая система для кормления 4-х садков двумя типами кормов, компрессор и дозаторы

Для небольших объемов кормления разработаны совсем маленькие пневматические кормораздатчики. Тем не менее, данная разработка имеет определенное преимущество: присутствует возможность регулирования интенсивности выдачи корма при неизменном давлении воздуха, что не уменьшает дальности разлета гранул корма и крайне важно при кормлении малька.

Приведенные выше технические решения для механизированного кормления рыбы в садках оптимальны для малых и средних предприятий. При увеличении объемов производства более оптимальными будут стационарные решения с большим объемом единовременной загрузки. Этим требованиям соответствуют автоматические кормовые системы [15]. Данные системы одновременно могут осуществлять кормление до 16 больших садков.

Системы работают в полностью автоматическом режиме. Дозирование осуществляется при помощи роторных дозаторов (см. рис. 12).

При помощи давления воздуха, создаваемого компрессором, корм, подаваемый дозаторами, транспортируется по трубам, длиной до 200 м, непосредственной в садки.

Программное управление кормовой системой автоматически рассчитывает норму кормления в зависимости от объема биомассы в садке средней навески, температуры воды и концентрации кислорода. Применение подобных систем позволяет добиться экономии кормов до 20%.

Важнейшим аспектом успешного функционирования форелеводческого предприятия является грузовая логистика. Ежедневный объем перевозимых по воде грузов среднего предприятия достигает 50 т на расстояние до 10…15 км. Для надежного обеспечения линий снабжения необходимы специализированные плавсредства. На базе Инженерного парка ИЛГИСН разработаны и внедрены в серийное производство промышленные плавсредства высокой грузоподъемности серии «ЯСОН» [16]. Данные плавсредства изготавливаются из полиэтилена низкого давления и имеют высочайшую надежность для эксплуатации в условиях рыбоводческих предприятий, где лодки из алюминия или композитных материалов очень быстро выходят из строя. Имея грузоподъемность 4 т, «ЯСОН-4» имеет широкую грузовую площадку, которая позволяет размещать до 3-х европоддонов с кормами без необходимости их распаковки (см. рис. 13).

Большая ширина грузовой площадки (см. рис. 14) привела к тому, что общая ширина плавсредства составила 2,87 м, что не позволяет перевозить его на стандартных прицепах по дорогам общего пользования.

Рис. 13. Промышленное плавсредство высокой грузоподъемности «ЯСОН-4»

Рис. 14. Грузовая площадка «ЯСОН-4»

Плавсредство может быть снабжено любым дополнительным оборудованием. Например, рулевой консолью для дистанционного управления двигателем. В целом данное плавсредство очень универсально и комплектация может быть любой по желанию заказчика. «ЯСОН-4» идеально агрегатируется с мобильным кормораздатчиком, о котором было сказано ранее.

Помимо плавсредств для перевозки грузов в Инженерном парке разработано плавсредство оперативного сервиса «НЬЕРД» (см. рис. 15).

Рис. 15. Плавсредство оперативного сервиса «НЬЕРД»

Данное плавсредство позволяет оперативно доставлять работников и оборудование со скоростью до 57 км/ч (при мощности мотора 115 л.с.). Максимальная мощность агрегатируемого мотора составляет 150 л.с.

Важнейшей технологической операцией при выращивании рыбы является ежегодная сортировка по массе. Если в садке содержится рыба примерно одной массы, она лучше набирает вес. Для механизации данного технологического процесса в Инженерном парке разработана сортировальная машина непрерывного действия [17]. Данные машины позволяют сортировать рыбу на 3 группы по массе (рис. 16).

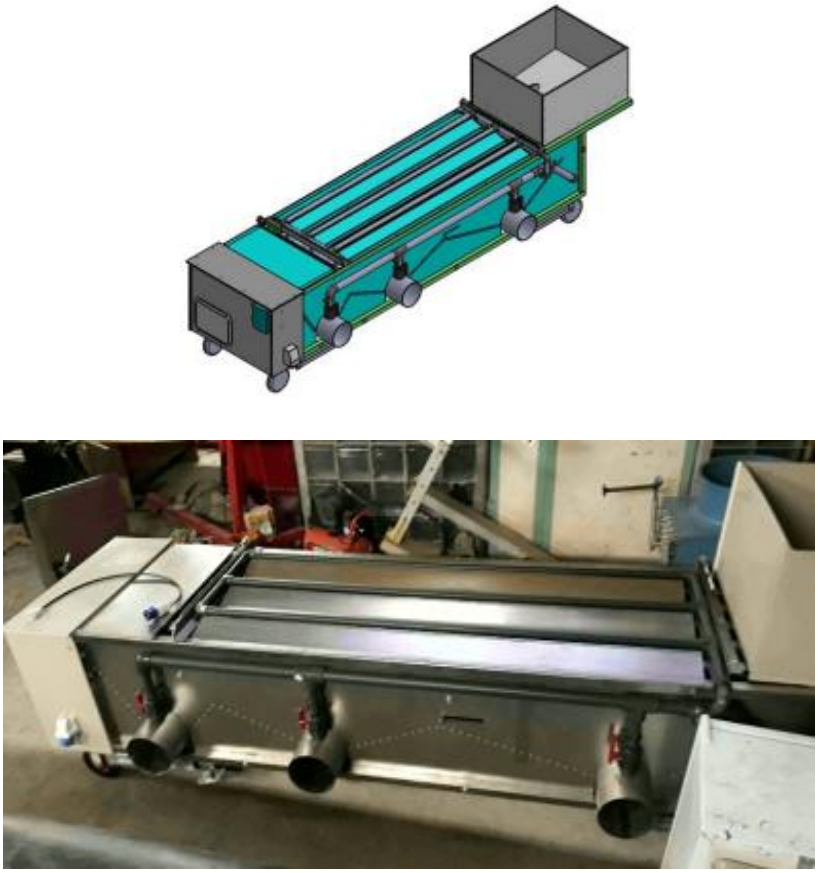


Рис. 16. Сортировальная машина (проект и реализация)

Данная сортировальная машина отличается от зарубежных аналогов отсутствием сложной электрической схемы управления приводом и более совершенной кинематической схемой, которая защищена рядом патентов [18].

Также, в Инженерном парке ИЛГИСН разработан ряд вспомогательного оборудования: модульные технологические понтонные платформы [19], ротационные распределители кормов для кормовых систем [20].

В целом, существуют форелеводческие предприятия, полностью укомплектованные оборудованием, разработанным и изготовленным в Инженерном паркет ИЛГИСН Петрозаводского государственного университета. Более того, специалистами ПетрГУ выполняется весь комплекс работ по организации производства: от рыбо-биологического обоснования и бизнес-планирования, до оперативного производственного плана на ближайшую перспективу.

В настоящее время силами студентов и преподавателей продолжается разработка новых типов оборудования для промышленной аквакультуры: вакуумные рыбонасосы, счетчики рыбы, установки для выращивания креветок и т.д.

Подобная практика полного вовлечения обучающихся в реальный процесс разработки и проектирования полного цикла, который становится тематикой курсовых проектов и выпускных квалификационных работ, полностью отвечает современным требованиям эффективного формирования профессиональных компетенций у обучающихся и подготовки высокопрофессиональных кадров. А ведущая экономическая отрасль Республики Карелия обеспечивается технологической базой для инновационного развития.

Список использованных источников

1. Отчет Министерства сельского и рыбного хозяйства Республики Карелия за 2017 год. – Петрозаводск, 2018. – С. 37.

2. Инженерный парк Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2020. – Дата обновления: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/engineering.

3. Патентное бюро Инженерного парка Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2020. – Дата обновления: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8430/patentnoe-byuro.

4. Студенческое конструкторское бюро Инженерного парка Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2020. – Дата обновления: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/1082/studentkonstrukt.

5. Лаборатория инженерных расчетов и численного моделирования Инженерного парка Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2020. – Дата обновления: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/6885/laboratoriya-inzhenernyh-rastchetov.

6. Опытно-производственная площадка Инженерного парка Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2020. – Дата обновления: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/6864/ opytnoproizvodstvennaya-plotshadka.

7. Садки рыбоводные. Инженерный парк Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2020. – Дата обновления: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8184/sadki-rybovodnye.

8. Тихонов, Е. А. Modeling a cage mooring system with pull-back chains for industrial aquaculture [Текст] / Е. А. Тихонов, В. И. Базыкин, А. В. Трифанов, // State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020 : XIII International Scientific and Practical Conference. – Ростов н/Д., 2020. – С. 1 – 9.

9. Пат. РФ № RU196484U1, 16.12.2019. Садковый модуль / Тихонов Е. А., Гаврик С. Ю. – 2020, Бюл. № 7.

10. Модульные инкубаторы для выращивания малька. Инженерный парк Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2020. – Дата обновления: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8104/modulnye-inkubatory-dlya-vyratshiva.

11. Пат. РФ № RU161289U1, 27.10.2015. Устройство для кормления рыбы / Семенцов А. Б., Курицын А. Е., Тихонов Е. А., Макарова Т. А. – 2016, Бюл. № 11.

12. Мобильные кормораздатчики. Инженерный парк Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2020. – Дата обновления:

10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/10084/mobilnye-kormorazdattchiki.

13. Пат. РФ № RU185961U1, 15.02.2018. Бункер-кормораздатчик / Тихонов Е. А., Гаврик С. Ю. – 2018, Бюл. № 36.

14. Пат. РФ № RU186207U1, 28.11.2018. Бункер-кормораздатчик / Тихонов Е. А., Гаврик С. Ю. – 2019, Бюл. № 2.

15. Автоматические кормовые системы. Инженерный парк Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2020. – Дата обновления: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8265/avtomatitcheskie-kormovye-sistemy.

16. Промышленное плавсредство высокой грузоподъемности «ЯСОН-4». Инженерный парк Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2020. – Дата обновления: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8429/promyshlennoe-plavsredstvo-vysokoi-.

17. Механизированные сортировальные машины для сортировки живой рыбы. Инженерный парк Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2020. – Дата обновления: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8704/mehanizirovannye-sortirovalnye-mash.

18. Пат. РФ № RU176473U1, 02.02.2017. Устройство для сортировки рыбы в потоке воды / Курицын А. Е., Тихонов Е. А., Макарова Т. А. – 2018, Бюл. № 3.

19. Модульные понтонные платформы. Инженерный парк Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2020. – Дата обновления: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8264/modulnye-pontonnye-platformy.

20. Ротационный разбрасыватель кормов. Инженерный парк Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2020. – Дата обновления: 10.08.2020. – URL: https://petrsu.ru/structure/6906/pages/10086/rotatsionnyi-razdattchik-kormov.

References

1. Report of Ministry of Agriculture, Fish and Hunting Industry of the Republic of Karelia for 2017 year. – Petrozavodsk, 2018. – P. 37.

2. Engineering park of Institute of forestry, mining and construction sciences of Pertozavodsk State University [Internet resource]. – 2020. – Date of refreshing: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/engineering.

3. Patent bureau of Engineering park of Institute of forestry, mining and construction sciences of Pertozavodsk State University [Internet resource]. – 2020. – Date of refreshing: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8430/patentnoe-byuro.

4. Sutdent desing bureau of Engineering park of Institute of forestry, mining and construction sciences of Pertozavodsk State University [Internet resource]. – 2020. – Date of refreshing: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/1082/studentkonstrukt.

5. Laboratory of engineering calculations and FEM modelling of Engineering park of Institute of forestry, mining and construction sciences of Pertozavodsk State University [Internet resource]. – 2020. – Date of refreshing: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/ pages/6885/laboratoriya-inzhenernyh-rastchetov.

6. The experimental production site of Engineering park of Institute of forestry, mining and construction sciences of Pertozavodsk State University [Internet resource]. – 2020. – Date of refreshing: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/6864/opytnoproizvodstvennaya-plot-shadka.

7. Fish farming cages. Engineering park of Institute of forestry, mining and construction sciences of Pertozavodsk State University [Internet resource]. – 2020. – Date of refreshing: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8184/sadki-rybovodnye.

8. Tikhonov, E. A. Modeling a cage mooring system with pull-back chains for industrial aquaculture [Text] / E. A. Tikhonov, V. I. Baz`ykin, A. V. Trifanov // State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020 : XIII International Scientific and Practical Conference. – Rostov na Donu, 2020. – P. 1 – 9.

9. Patent RF № RU196484U1, 16.12.2019. Cage module / Tikhonov E. A., Gavrik S. Yu. – 2020, Bull. № 7.

10. Modular incubators for growing fry. Engineering park of Institute of forestry, mining and construction sciences of Pertozavodsk State University [Internet resource]. – 2020. – Date of refreshing: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8104/modulnye-inkubatory-dlya-vyrat-shiva.

11. Patent RF № RU161289U1, 27.10.2015. Fish feeding device / Sementsov A. B., Kuritsyn A. E., Tikhonov E. A., Makarova T. A. – 2016, Bull. № 11.

12. Mobile feeders. Engineering park of Institute of forestry, mining and construction sciences of Pertozavodsk State University [Internet resource]. – 2020. – Date of refreshing: 10.08.2020. – URL : https:// petrsu.ru/structure/6906/pages/10084/mobilnye-kormorazdattchiki.

13. Patent RF № RU185961U1, 15.02.2018. Feeding bunker / Tikhonov E. A., Gavrik S. Yu. – 2016, Bull. № 36.

14. Patent RF № RU186207U1, 28.11.2018. Feeding bunker / Tikhonov E. A., Gavrik S. Yu. – 2019, Bull. № 2.

15. Automatic feeding systems. Engineering park of Institute of forestry, mining and construction sciences of Pertozavodsk State University [Internet resource]. – 2020. – Date of refreshing: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8265/avtomatitcheskie-kormovye-sistemy.

16. High-capacity industrial watercraft “YASON-4”. Engineering park of Institute of forestry, mining and construction sciences of Pertozavodsk State University [Internet resource]. – 2020. – Date of refreshing: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8429/promyshlennoe-plavsredstvo-vysokoi-.

17. Mechanized sorting machines for sorting live fish. Engineering park of Institute of forestry, mining and construction sciences of Pertozavodsk State University [Internet resource]. – 2020. – Date of refreshing: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8704/ mehanizirovannye-sortirovalnye-mash.

18. Patent RF № RU176473U1, 02.02.2017. Fish sorting device / Kuritsyn A. E., Tikhonov E. A., Makarova T. A. – 2018, Bull. № 3.

19. Modular pontoon platforms. Engineering park of Institute of forestry, mining and construction sciences of Pertozavodsk State University [Internet resource]. – 2020. – Date of refreshing: 10.08.2020. – URL : https://petrsu.ru/structure/6906/pages/8264/modulnye-pontonnye-platformy.

20. Rotary feed spreader. Engineering park of Institute of forestry, mining and construction sciences of Pertozavodsk State University [Internet resource]. – 2020. – Date of refreshing: 10.08.2020. – URL : https:// petrsu.ru/structure/6906/pages/10086/rotatsionnyi-razdattchik-kormov.

УДК 631.145:004(476)

Н. С. Яковчик, А. Э. Шибеко
(Институт повышения квалификации и переподготовки кадров агропромышленного комплекса «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь, e-mail: yakovchik.ipk@bsatu.by)

ЦИФРОВИЗАЦИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. Рассмотрены основные преимущества и проблемы цифровизации сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь, позволяющей значительно увеличить рост производительности труда, улучшить качество продукции, снизить непроизводительные затраты и потери, повысить конкурентоспособность продукции.

Ключевые слова: АПК, система управления, цифровая экономика, интегрированные облачные сервисы, инфраструктура цифровой экономики, экономическая эффективность.

N. S. Yakovchik, A. E. Shibeko
(Institute of Advanced Training and Retraining of Personnel of the Agro-industrial Complex “Belarusian State Agrarian Technical University”,
Minsk, Republic of Belarus)

DIGITALIZATION AS A KEY FACTOR IN THE INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF THE REPUBLIC OF BELARUS IN MODERN CONDITIONS

Abstract. The article examines the main advantages and problems of digitalization of agricultural production in the Republic of Belarus, which allows to significantly increase the growth of labor productivity, improve product quality, reduce non-productive costs and losses, and increase the competitiveness of products.

Keywords: agro-industrial complex, management system, digital economy, integrated cloud services, infrastructure of the digital economy, economic efficiency.

Введение. По прогнозным оценкам ООН население планеты к 2050 г. достигнет 9,8 – 10 млрд человек. Чтобы прокормить растущее население Земли в ближайшей перспективе необходимо будет произвести на 70% больше продуктов питания, чем в настоящее время. Для сельского хозяйства это означает появление новых вызовов и принципиально новых моделей управления сельским хозяйством. По данным

международных экспертов уже к 2025 г. около 50% мировой экономики перейдет к управлению сельским хозяйством методом цифровых технологий, которые позволят государству и бизнесу более эффективно взаимодействовать и функционировать. Развитые страны, завершив индустрализацию, успешно модернизируют экономику. Они ускоренными темпами развивают инновационные технологии, где доминирует искусственный интеллект, автоматизация и цифровые платформы. Расходы на научно-технологические разработки в мире составляют около 2 трлн дол. США с ежегодным приростом в среднем 4%.

В условиях растущей конкуренции на рынке сельскохозяйственной продукции и быстро меняющихся потребительских предпочтений, решение проблем в аграрном секторе станет возможным на основе перехода к цифровому сельскому хозяйству, которое предусматривает:

– повышение производительности труда;

– снижение издержек на производство сельскохозяйственной продукции;

– создание условий для повышения прозрачности сельскохозяйственных рынков;

– повышение уровня конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции;

– рост экспортного потенциала сельскохозяйственного сырья и продовольствия.

Цель исследования – проведение анализа современного состояния цифровизации сельского хозяйства и выявление проблем цифровой трансформации аграрной экономики Республики Беларусь.

Основная часть. Современный мир находится на пороге новой цифровой эпохи. В январе 2019 года в Берлине состоялся 11-й Всемирный форум по продовольствию и сельскому хозяйству. Лейтмотивом Форума – крупнейшей международной конференции по стержневым вопросам повышения эффективности мировой аграрной экономики – стала тема «Цифровое сельское хозяйство – интеллектуальные решения для сельского хозяйства будущего». Министры сельского хозяйства из 74 стран мира договорились использовать цифровые технологии, позволяющие увеличить производительность сельскохозяйственного производства, при одновременном повышении устойчивости, эффективности использования ресурсов, роста занятости и развитии предпринимательства, а также улучшении условий жизни, особенно на сельских территориях. Декларация о сотрудничестве в области умного и устойчивого цифрового будущего для европейского сельского хозяйства и сельских регионов была подписана следующими странами ЕС: Австрией, Бельгией, Чехией, Германией, Эстонией, Ирлан-

дией, Грецией, Испанией, Францией, Италией, Кипром, Латвией, Люксембургом, Венгрией, Нидерландами, Польшей, Португалией, Румынией, Словенией, Словакией, Финляндией, Швецией, Великобританией и Болгарией. Государства-члены согласились работать вместе, чтобы оказывать поддержку в таких областях, как разумное сельское хозяйство и отслеживание продуктов питания.

Главное инновационное направление в мировой экономике последних лет – широкое внедрение цифровых технологий. В сельском хозяйстве развитых стран в настоящее время не является новинкой использование систем комплексного управления парком техники, геопозиционирования, технологий точного земледелия и животноводства. Ведущие экономики мира активно используют в аграрном секторе данные от различных участников технологической цепочки, что позволяет получать более достоверную информацию, выявлять резервы, минимизировать риски, улучшать бизнес-процессы и управлять рынком.

Агропромышленный комплекс Республики Беларусь является одним из приоритетных в национальной экономике. Модернизация и дальнейшее его развитие по инновационной модели, отвечающей требованиям социально ориентированной конкурентоспособной экономики, предполагают внедрение новых высокоэффективных технологий производства и сбыта сельскохозяйственной продукции.

Начиная с 2005 года в Республике Беларусь приняты и реализованы две крупномасштабные государственные программы, предусматривающие технико-технологическую модернизацию АПК и социальное развитие села. В совокупности страна увеличила производство отечественной продукции, обеспечила значительный уровень инвестиций, сформировала высокий экспортный потенциал, улучшила инфраструктуру сельских территорий.

В 2017 году принят Декрет Президента Республики Беларусь № 8 «О развитии цифровой экономики» [1], который был направлен на создание IT-страны. В АПК формируется инфраструктура цифровой экономики. Так в системе Министерства сельского хозяйства и продовольствия функционирует государственное учреждение «Центр информационных технологий в животноводстве». В отдельных крупнотоварных сельскохозяйственных организациях и фермерских хозяйства после внедрения элементов цифровых технологий управления достигаются высокие производственно-экономические результаты сельскохозяйственного производства. Среди них: филиал «Фалько-Агро» ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» Дзержинского района, ОАО «Гастелловское» Минского района, СПК «Агрокомбинат «Снов» Несвижского района, К(Ф)Х «Ягодка» Смолевичского района Минской

области, ОАО «Беловежский» Каменецкого района, ОАО «Остромечево» Брестского района, КФХ «Ольшаны» Столинского района Брестской области, К(Ф)Х «Диана» Шкловского района Могилевской области и др.

В настоящее время реализуется Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016 – 2020 гг. с подпрограммой «Техническое переоснащение и информатизация агропромышленного комплекса», целью которой является дальнейший рост энерговооруженности труда в АПК [7].

В цифровой трансформации сельского хозяйства нашей республики выделяются два тренда: точное земледелие и животноводство. Однако процент использования современных цифровых платформ остается пока сравнительно невысокий, что касается «диджитализации» ключевых сельскохозяйственных процессов, в частности, установления датчиков для сбора данных о погоде, использование информации со спутников и дронов для мониторинга урожая, датчиков контроля за работой техники, – то здесь доля охвата несколько выше.

Одной из основных задач формирования в Беларуси цифровой экономики является развитие и воспроизводство человеческого капитала. Очевидно, что ключевым фактором создания нового и высокотехнологичного сельского хозяйства является качественное управление человеческими ресурсами. Мировой опыт показывает, что работы по внедрению технологий цифровой экономики более эффективны в том случае, когда создаются коллективы научных работников и практиков разных специальностей – почвоведов, агрономов, инженеров, зоотехников, экономистов и программистов.

Следует отметить, что в настоящее время в стране отсутствует опережающая подготовка IT-специалистов аграрного профиля в учреждениях высшего образования. Существующая многолетняя практика подготовки специалистов без тесной привязки к изменяющимся производственным и технологическим условиям не в полной мере соответствует современным требованиям, что привело не только к серьезному дисбалансу, но и обострило проблему востребованности и закрепления кадров на селе.

В этой связи значительно возрастает роль дополнительного образования взрослых, как образовательной системы, оперативно обеспечивающей переподготовку и повышение квалификации специалистов для работы в новых экономических условиях.

Институт повышения квалификации и переподготовки кадров АПК Белорусского государственного аграрного технического университета особое внимание уделяет получению знаний в области цифровой трансформации сельского хозяйства, инновационных технологий

производства и переработки продукции, развития агробизнеса и сельских территорий.

Среди специальностей переподготовки кадров АПК наиболее востребованы:

- Информационно-консультативная деятельность в агропромышленном комплексе;
- Коммуникация в сфере внешнеэкономической деятельности;
- Прикладная информатика;
- Рекламный менеджмент.

Мы понимаем, что цифровая экономика коренным образом преобразует сферы и бизнес-процессы. Внедрение «умных» технологий решает сразу несколько задач: контроль агрономических и сопутствующих операций, экономический эффект от более точного нормирования, анализа и последующего планирования сельскохозяйственных работ. Кроме этого, повышается оперативность управления и прозрачность всех процессов. И, наконец, внедрение «умных» технологий позволяет автоматизировать процессы, минимизировать влияние человеческого фактора, и как следствие, снизить вероятность погрешностей, сократить нагрузку на управленческий персонал и повысить эффективность его труда. По нашему мнению, одним из условий для цифровой трансформации отрасли, является создание опережающей системы подготовки кадров АПК, способных к внедрению и сопровождению цифровых технологий.

Несмотря на неоспоримые преимущества цифровизации сельскохозяйственного производства в отрасли имеется ряд нерешенных проблем, сдерживающих ее развитие. Основными их них, на наш взгляд, являются:

– недостаточная информированность сельских товаропроизводителей о возможностях цифровых технологий;

– отсутствие государственной финансовой поддержки по приобретению IT-продукции;

– несовершенство нормативно-правового регулирования освоения информационных технологий в АПК;

– недостаток финансовых ресурсов во многих сельскохозяйственных организациях для инвестирования в IT-технологии, консалтинг и обработку информации;

– высокая стоимость услуг, оказываемых сельским товаропроизводителям специалистами IT-сферы;

– недостаточное развитие в сельской местности цифровой инфраструктуры.

Выводы. Республика Беларусь на основе созданного научно-технического потенциала в АПК проводит работу по внедрению цифровых инновационных технологий как в производство, так и сбыт сельскохозяйственной продукции и продуктов питания. Эти направления являются важнейшими в новой стратегии развития АПК до 2025 года.

Посредством решения проблем цифровизации сельского хозяйства может быть обеспечен значительный экономический рост за счет повышения производительности труда, эффективности землепользования, использования техники, посевов, обеспечения автоматизации, прозрачности и управляемости процессов, снижения затрат и упреждения возможных рисков сельхозпроизводителей. С их помощью можно осуществлять тотальный контроль качества и обеспечивать население экологически безопасными продуктами питания. Цифровые технологии резко повышают эффективность производства и экологичность сельскохозяйственной продукции.

Таким образом, реализация программы по цифровизации сельскохозяйственной отрасли будет являться ключевым направлением в построении «Цифровой аграрной экономики Республики Беларусь» и предусматривает переход отечественного АПК к высокотехнологичному производству, а также выход белорусских компаний на перспективные агропродовольственные рынки.

Список использованных источников

1. О развитии цифровой экономики : Декрет Президента Республики Беларусь от 21 декабря 2017 г. № 8 [Электронный ресурс]. – URL : https://pravo.by/document/?guid = 12551&p0 = Pd1700008&p1 = 1&p5 = 0 (дата доступа: 28.07.2020).

2. Государственная программа развития цифровой экономики и информационного общества на 2016 – 2020 годы [Электронный ресурс]. – URL : https://www.mpt.gov.by/ru/gosudarstvennaya-programma-razvitiya-cifrovoy-ekonomiki-i-informacionnogo-obshchestva (дата доступа: 28.07.2020).

3. Тренды цифровых технологий в АПК / Международный независимый институт аграрной политики [Электронный ресурс]. – URL : http://мниап.рф/analytics/Trendy-cifrovyh-tehnologij-v-APK (дата доступа: 07.02.2018).

4. Давлетшин, И. Цифровой передел. Преимущества и риски цифровизации сельского хозяйства [Электронный ресурс] / И. Давлетшин, А. Трофимов. – URL : https://www.agroinvestor.ru/companies/a-z/agrotekhnika-i-tekhnologii/ (дата доступа: 19.09.2018).

5. Бекболатова, З. С. Значение и роль цифровизации сельского хозяйства в экономике / З. С. Бекболатова // МЦНС «Наука и просвещение» : II Междунар. науч.-практ. конф. – 2020. – С 120-122.

6. Бельский, В. И. Преимущества и проблемы цифровизации сельского хозяйства / В. И. Бельский // Проблемы экономики : сб. науч. тр. – Издательство Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2019. – № 2(29). – С. 12 – 19.

7. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016 – 2020 годы [Электронный ресурс]. – URL : https://www.pravo.by/document/?guid = 3871&p0 = C21600196/ (дата доступа: 28.07.2020).

References

1. On the development of the digital economy : Decree of the President of the Republic of Belarus of December 21, 2017 № 8 [Electronic resource]. – URL : https://pravo.by/document/?guid = 12551&p0 = Pd1700008&p1 = 1&p5 = 0 (Access date: 07.28.2020).

2. State program for the development of the digital economy and information society for 2016 – 2020 [Electronic resource]. – URL : https:// www.mpt.gov.by/ru/gosudarstvennaya-programma-razvitiya-cifrovoy-ekonomiki-i-informacionnogo-obshchestva (Date of access: 07.28.2020).

3. Trends of digital technologies in the agro-industrial complex / International Independent Institute of Agrarian Policy [Electronic resource]. – URL : http://мниап.рф/analytics/Trendy-cifrovyh-tehnologij-v-APK/ (Date of access: 07.02.2018).

4. Davletshin I., Trofimov A. Digital redistribution. Benefits and risks of digitalization of agriculture. [Electronic resource]. – URL : https://www.agroinvestor.ru/companies/a-z/agrotekhnika-i-tekhnologii/ (Date of access: 19.09.2018).

5. Bekbolatova, Z. S. The value and role of digitalization of agriculture in the economy / Z. S. Bekbolatova // ICNS “Science and Education” : II International Scientific and Practical Conference. – 2020. – P. 120 – 122.

6. Belsky, V. I. Advantages and problems of digitalization of agriculture / V. I. Belsky // Problems of Economics : Collection of scientific works. – Publishing Establishment of education “Belarusian State Agricultural Academy”, 2019. – № 2(29). – P. 12 – 19.

7. State program for the development of agricultural business in the Republic of Belarus for 2016 – 2020 [Electronic resource]. – URL : https://www.pravo.by/document/?guid = 3871&p0 = C21600196/ Lfnf ljcnegf ((Date of access: 28.07.2020).

УДК 33:004.77

Мобио Акун Анна Стефани Рози
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: mobioerika@yahoo.com)

ПРОТИВОВИРУСНАЯ ЦИФРОВИЗАЦИЯ ФИНАНСОВЫХ ПОТОКОВ В АПК ИЗМЕНИЛА МЫШЛЕНИЕ ИЛИ КАК РАБОТАТЬ НА УДАЛЕНКЕ

Аннотация. В данной статье рассматривается влияние пандемии коронавируса на экономическую деятельность сельского хозяйства. Созданная во время пандемии коронавируса и изоляции цифровая финансовая платформа будет актуальна и в дальнейшем и особенно учитывая текущую ситуацию в экономике, которая требует от бизнеса быстроты реагирования, гибкости и экономии затрат.

Ключевые слова: коронавирус, онлайн-сервисы, экономика, поддержка, АПК, фронт-офис, бэк-офис, цифровизация.

Mobio Akun Anna Stephanie Rosie
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

ANTIVIRAL DIGITALIZATION OF FINANCIAL FLOWS IN THE AGRICULTURAL SECTOR HAS CHANGED THINKING OR HOW TO WORK REMOTELY

Abstract. This article examines the impact of the coronavirus pandemic on the economic activity of agriculture. Created during the coronavirus pandemic and isolation, the digital financial platform will continue to be relevant in the future, especially given the current situation in the economy, which requires businesses to respond quickly, flexibly and save costs.

Keywords: coronavirus, online services, economy, support, agribusiness, front office, back office, digitalization.

Чтобы сдержать пандемию COVID-19 и сократить количество контактов, многие страны реализовали ряд дополнительных мер по повышению доступности онлайн-сервисов. Компании, банки, бизнес, многие граждане за последние четыре месяца ускоренными темпами вступили в эпоху цифровой глобализации, определяемую большими потоками данных, представляющих информацию, инновации и идеи. Внедрение цифровых технологий позволило государству, обществу и бизнесу в период пандемии работать в основном эффективно [1]. Передача больших данных и ценных потоков информации позволяет успешно перемещать финансы, товары и услуги. Сегодня более 90% трансграничных транзакций имеют в основе цифровой компонент.

Прогнозы показывают, что в течение пяти лет произойдет увеличение в несколько десятков раз баз данных, потоков информации, внутрикорпоративного трафика, поисковых запросов, видео. Цифровая форма глобализации открыла двери не только для крупного бизнеса, но и для небольших компаний и начинающих предпринимателей, а также и для субъектов агропромышленного комплекса (АПК) и для миллиардов и миллиардов людей всего мира. Десятки миллионов предприятий АПК во всем мире присоединились к базам электронной коммерции и стали индустриально-сервисными экспортерами. Внедрение технологий цифровизации в АПК – основной путь к эффективности экономики агропромышленного производства, доступности к финансовым потокам и «умным» агротехнологиям, которые обеспечиваются благодаря цифровым платформам, биосенсорам и BigData. В настоящее время в АПК происходят процессы, связанные с появлением новых информационных технологий, и повсеместное применение IT в бизнес-моделях. Клиентское обслуживание перемещается из офисов и операционных касс в онлайн-пространство. Стремительно растет потребность клиентов в цифровых финансовых сервисах, предлагаемых через интернет и мобильные приложения, возрастает и требование клиентов не только к количеству, но и к качеству банковских онлайн-сервисов. Переход в России к цифровому банку невозможен без трансформации самой архитектуры банка, здесь необходимо разделение технологий банка на фронт-офис и бэк-офис [2].

Клиентоцентричный фронт-офис банка должен быть безопасным, гибким и быстрым, позволять внедрение новых компонентов и услуг без остановки уже существующих сервисов и обеспечивать подключение к нему новых клиентов. Бэк-офис должен быть также безопасным и стабильным и ориентированным на транзакции, а не на клиента банка и адаптироваться и поддерживать все изменения фронт-офиса. Для перехода к цифровому банку необходима цифровая финансовая платформа, предлагающая различные модели взаимодействия банка и клиента, в которых поощряется и разрешается участие сервисов и приложений клиентов в цепочке предоставления финансовых услуг.

Цифровая финансовая платформа – это не столько технология, сколько изменение мышления в условиях перехода к цифровым финансовым услугам.

Если банки последние пять лет серьезно готовили для клиентов цифровую финансовую платформу, то для предприятий АПК пандемия коронавируса сразу и несколько неожиданно поставила целый ряд серьезных вызовов и задач. Сразу для аграрного бизнеса актуальными стали вопросы: необходимость кредитоваться, как выплачивать и проценты, и основной долг по действующему кредиту, можно ли восполь-

зоваться реструктуризацией кредитов, кредитными каникулами, как это сделать и как работать с банками в период ограничений и изоляции. Надо отметить, что банки в сложившейся ситуации сконцентрировали свои усилия, направленные на создание условий для продолжения функционирования бизнеса своих клиентов.

Многие банки запустили онлайн-сервисы, которыми смогли воспользоваться удаленно клиенты. Доля клиентов предприятий АПК, пользующихся онлайн-каналами за четыре последних месяца выросло с 51 до 83%, доля онлайн-кредитов достигла 62%, дистанционное открытие счетов превысило 77%, дистанционная выдача банковских гарантий соответственно – 93% [3]. Все эти продукты и услуги банками сегодня поставлены на диджитал-платформу. Мобильным банком сегодня покрывается ежедневно до 90% банковских операций клиентов (рис. 1).

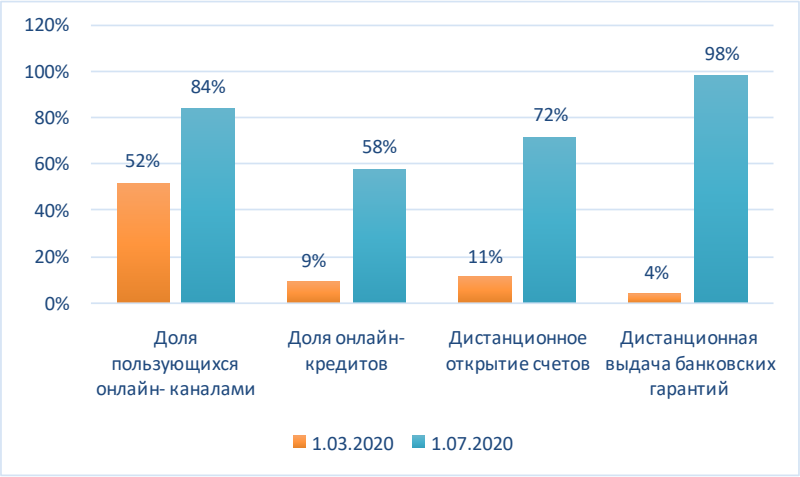


Рис. 1. Доля банковских операций с доступом через онлайн-каналы

Для аграрного бизнеса постоянно появляются банковские продукты и услуги, не требующие бумажного оформления. Все это делает банковское обслуживание субъектов АПК максимально удобным. Многие банки запустили чат-бот в мобильном мессенджере, который помогает дистанционно оформить кредит предприятиям АПК. Кроме того, некоторые банки (Альфа-Банк, ВТБ-Банк, Промсвязьбанк, Тинькофф Банк, «Открытие» и другие) организовали оплату для бизнеса через систему быстрых платежей, когда клиенты могут покупку

техники, семян и другое оплачивать со своих мобильных устройств только нажатием одной кнопки. В качестве примера мер поддержки аграрного бизнеса можно выделить совместную акцию Промсвязьбанка, Mastercard и «Яндекс.Заправки» активно использующих автомобильный и тракторный парк. При оплате бизнес-картой топлива до 30 июля 2020 г. предоставляется 10% скидка на каждую 1000 литров топлива ежемесячно. На сегодняшний день практически все транзакции для предприятий АПК можно провести через онлайн-сервисы.

Из-за географической удаленности и карантинных мер в ситуации пандемии, банки стали применять в работе с субъектами АПК видеобанкинг, предлагая практически дистанционно те же самые продукты и услуги, как и при личном общении с операционистом. Технология видео-банкинга дает возможность банкам оказывать финансовые услуги и при этом обеспечивая безопасность своих сотрудников и клиентов, соблюдая требования социальной дистанции без отказа от участия человека в процессе [4].

Банки стали проводить вебинары со своими экспертами и клиентами, чтобы и эксперты, и клиенты оставались в курсе последних изменений и событий. По данным глобального исследования Emerging Technologies, искусственный интеллект (ИИ) и цифровые помощники повышают эффективность финансовой функции на 80%. Организации, использующие искусственный интеллект для управления финансами, получают значительные преимущества [5]:

– число ошибок в работе финансовых служб в среднем снижается на 37%;

– цифровые помощники позволяют сделать финансовый анализ быстрее на 38%, а производительность труда повысить на 36%;

– 72% организаций, использующих ИИ, пришли к выводу, что у них появилось более четкое представление об эффективности бизнеса и возможности роста прибыли;

– около 83% руководителей организаций считают, что в течение ближайших пяти лет ИИ позволит сделать финансовую аналитику и финансовые потоки полностью автоматическими.

Уже созданная во время пандемии коронавируса и изоляции цифровая финансовая платформа будет актуальна и в дальнейшем и особенно учитывая текущую ситуацию в экономике, которая требует от бизнеса быстроты реагирования, гибкости и экономии затрат при повышении эффективности производства, которые будут обеспечиваться искусственным интеллектом. Искусственный интеллект и цифровизация должны стать ключевым инструментом для развития основных направлений АПК, обеспечивая доступность финансирования для субъектов АПК, доступность рынков сбыта и способствуя развитию экспорта.

Цифровизация АПК будет способствовать росту производительности труда и повысит конкурентоспособность, а также обеспечит продовольственную безопасность и привлечение инвестиций в сельское хозяйство. При этом мы не должны забывать про прогнозы специалистов, которые предсказывают возможность второй волны пандемии COVID-19.

Список использованных источников

1. Куликов, Н. И. Почему финансовая и денежно-кредитная политика государства не приводит к росту экономики? / Н. И. Куликов, М. А. Куликова, А. А. С. Р. Мобио // Финансы и кредит. – 2020. – № 7. – С. 1496 – 1521.

2. Доходы, кредиты и социальные настроения (по результатам регулярного мониторинга ИНСАП РАНХИГС) / Е. Е. Гришина, Д. М. Логинов, А. Г. Полякова, А. Я. Бурдяк // Экономическое развитие России. – 2019. – № 12. – С. 57 – 72.

3. Куликов, Н. И. Цифровая экономика на службе малого бизнеса / Н. И. Куликов, Ю. В. Кудрявцева // Цифровая экономика в профессиональном образовании. – 2017. – С. 20 – 26.

4. Цуциева, О. Т. К вопросу о роли ЦБ РФ в развитии денежно-кредитной политики / О. Т. Цуциева, Т. Г. Тахохова // Актуальные вопросы современной экономики. – 2018. – № 5. – С. 94 – 98.

5. Куликов, Н. И. Прорывные IT-технологии ПАО «Сбербанк» на рынке банковских услуг / Н. И. Куликов, Ю. В. Кудрявцева // Современные тенденции развития теории и практики управления в России и за рубежом : материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 138 – 151.

References

1. Kulikov, N. I. Why does the financial and monetary policy of the state not lead to economic growth? / N. I. Kulikov, M. A. Kulikova, A. A. S. R. Mobio // Finance and credit. – 2020. – № 7. – P. 1496 – 1521.

2. Income, loans and social attitudes (based on the results of regular monitoring OF the insap RANEPA) / Ye. E. Grishina, D. M. Loginov, A. G. Polyakova, A. Ya. Burdyak // Economic development of Russia. – 2019. – № 12. – P. 57 – 72.

3. Kulikov, N. I. Digital economy in the service of small business / N. I. Kulikov, Yu. V. Kudryavtseva // Digital economy in professional education. – 2017. – P. 20 – 26.

4. Tsutsieva, O. T. On the role of the Central Bank of the Russian Federation in the development of monetary policy / O. T. Tsutsieva, T. G. Takhokhova // Current issues of the modern economy. – 2018. – № 5. – P. 94 – 98.

5. Kulikov, N. I. Breakthrough IT technologies of Sberbank PJSC in the banking services market / N. I. Kulikov, Yu. V. Kudryavtseva // Modern trends in the development of management theory and practice in Russia and abroad : proceedings of the VIII international scientific and practical conferences. – 2017. – P. 138 – 151.

УДК 631

В. Т. Еременко
(ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева», Орел, Россия, e-mail: wladimir@orel.ru)

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ШЕСТОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА, НЕЙРОНЕТА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБЩЕСТВА

Аннотация. Сегодня мир стоит на пороге шестого технологического уклада. Его контуры только начинают складываться в развитых странах мира, в первую очередь в США, Японии и КНР, и характеризуются нацеленностью на развитие и применение наукоемких, или, как теперь говорят, «высоких технологий». У всех на слуху сейчас био- и нанотехнологии, генная инженерия, мембранные и квантовые технологии, фотоника, микромеханика, термоядерная энергетика – синтез достижений на этих направлениях должен привести к созданию, например, квантового компьютера, искусственного интеллекта и в конечном счете обеспечить выход на принципиально новый уровень в системах управления государством, обществом, экономикой.

Ключевые слова: нейронет, цифровизация, нанотехнологии, генная инженерия, микромеханика, искусственный интеллект.

V. T. Eremenko
(Orel State University named after I. S. Turgenev, Orel, Russia)

CURRENT PROBLEMS OF THE SIXTH TECHNOLOGICAL ORDER, THE NEURAL NETWORK AND DIGITAL TRANSFORMATION OF SOCIETY

Annotation. Today, the world is on the threshold of the sixth technological order. Its contours are just beginning to take shape in the developed countries of the world, primarily in the United States, Japan and China, and are characterized by a focus on the development and application of high-tech, or, as they now say, “high technologies”. Bio- and nanotechnologies, genetic engineering, membrane and quantum technologies, photonics, micromechanics, and thermonuclear energy are all well-known at the moment. The synthesis of achievements in these areas should lead to the creation of, for example, a quantum computer, artificial intelligence, and ultimately provide access to a fundamentally new level in the management systems of the state, society, and economy.

Keywords: neuronet, digitalization, nanotechnology, genetic engineering, micromechanics, artificial intelligence.

Пятый уклад породил **компьютеризацию всех областей человеческой жизни и деятельности,** интернет, социальные сети, высокий уровень жизни «золотого миллиарда», т.е. «общество потребления» в его предельных формах. Он также создал **«Эффективных менеджеров»,** представления об **«обществе знания»** и **«человеческом капитале», «безуглеродных городах»** и **«глобальном потеплении»**.

Привел к **вытеснению всех форм производства в развивающиеся страны и безраздельному господству финансовых форм капитала.** Сконструировал **«деривативную» экономику и «экономику переживаний»**, обеспечил преобладание непроизводственных активов над основными фондами.

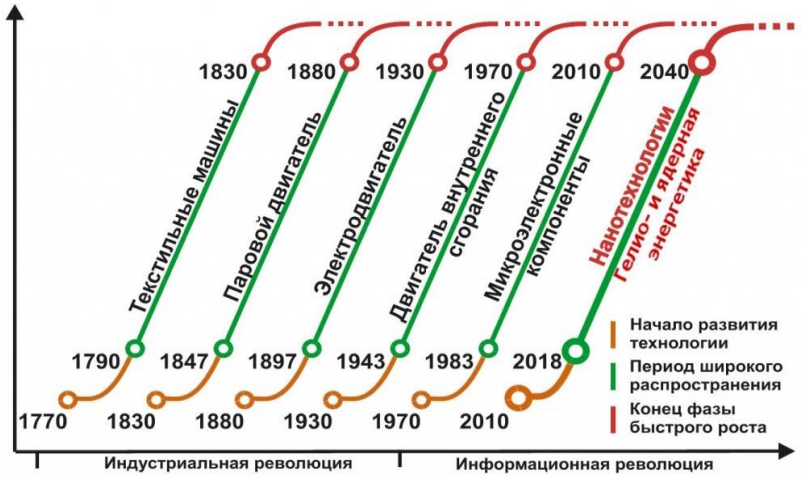


Рис. 1. Технологические уклады и революции

И всем этим вызвал **прогрессирующее старение всего производственного сектора**, прежде всего энергетики, металлургии, тяжелого машиностроения. Подобная ситуация чревата вполне предсказуемыми последствиями: катастрофы на Саяно-Шушенской ГЭС и на атомной станции в Фукусиме продемонстрировали это воочию.

Шестой технологический уклад (2010 г.)

Основные отрасли: нано- и биотехнологии, наноэнергетика, молекулярная, клеточная и ядерная технологии, нанобиотехнологии, биомиметика, нанобионика, нанотроника, а также другие наноразмерные производства; новые медицина, бытовая техника, виды транспорта и коммуникаций; использование стволовых клеток, инженерия живых тканей и органов, восстановительная хирургия и медицина.

Преимущество технологического уклада, по сравнению с предыдущим, по прогнозу будет состоять в резком снижении энергоемкости и материалоемкости производства, в конструировании материалов и организмов с заранее заданными свойствами.

Гуманитарное преимущество: существенное увеличение продолжительности жизни человека и животных. Повышение роботизации производства, резкое повышение потребности общества в высококвалифицированных работниках, появление новых типов профессий.

На 2016 год **доля производительных сил пятого технологического уклада** в наиболее развитых странах составила примерно 70%, четвертого – 20%, а шестого – около 10%.

С чисто формальной точки зрения **«шестой уклад» – это средства производства с искусственным интеллектом, причем под ИИ понимаются только компьютерные системы (программы плюс «железо»), способные пройти тест Тьюринга.**

Шестой технологический уклад можно реализовать разными способами, но прогнозисты едины в том, что его «точкой сборки» окажется робототехника. То есть изменится направление развития ИКТ: вместо **«подхода Гибсона»** (компьютеры, сети, виртуальная реальность) – **«подход Азимова»** (роботы, в том числе – человекообразные роботы, или андроиды).

С экономической точки зрения появление роботов-потребителей означает **вытеснение людей из сферы массового производства** при сохранении платежеспособного спроса.

Само собой разумеется, что прогресс ИКТ не ограничится робототехникой и тем более роботами-андроидами.

Предсказываются составные роботы (роботы-рои), наноботы, в том числе медицинские, в том числе – симбиоты, роботы-среды, био- и техноморфные механизмы с искусственным интеллектом.

Кроме робототехники к шестому укладу относят аддитивные (наращивающие) производства, когда деталь или целое изделие делается не обработкой образца с удалением лишнего, а методом выращивания или непосредственным синтезом. К аддитивным технологиям относится ставший уже относительно привычным **3D-принтинг**, а также **механохимия**, оперирующая сборкой на молекулярном и атомном уровне. 3D-принтинг проще, механохимия перспективнее и, что важно, позволяет сразу же перейти на нанотехнологический уровень.

С практической точки зрения аддитивные технологии приведут к **созданию материалов с заранее заданными и улучшенными свойствами**.

УДК 633.11

В. М. Зимняков
(ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза, Россия, e-mail: zimnyakov@bk.ru)

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ПШЕНИЦЫ В РОССИИ

Аннотация. Отмечено значение пшеницы в России. Выявлена тенденция повышения урожайности пшеницы, прирост урожайности обеспечивается во многом не за счет расширения площадей, а за счет внедрения передовых технологий в процессе выращивания. Проанализирован валовый сбор пшеницы в России в 2019 году. Констатировано, что в условиях растущей конкуренции чрезвычайно важно обратить серьезное внимание на качество зерна пшеницы. Отмечено значение экспорта российской пшеницы.

Ключевые слова: анализ, пшеница, объем, производство.

V. M. Zimnyakov
(Penza State Technological University, Penza, Russia)

ANALYSIS OF WHEAT PRODUCTION IN RUSSIA

Abstract. the significance of wheat in Russia is Noted. A tendency to increase the yield of wheat has been identified. the increase in yield is provided in many respects not by expanding the area, but by introducing advanced technologies in the growing process. The gross wheat harvest in Russia in 2019 has been analyzed. It was stated that in the conditions of growing competition, it is extremely important to pay serious attention to the quality of wheat grain. The significance of Russian wheat exports was noted.

Keywords: analysis, wheat, volume, production.

Пшеница – важнейшая продовольственная культура: ее потребляет в пищу свыше половины населения земного шара. Пшеница является главнейшей зерновой культурой в России, среди зерновых она занимает ведущее место по занимаемым площадям и валовому сбору зерна, некоторые хозяйства получают по 30…35 ц/га и выше.

Тенденция повышения урожайности пшеницы наблюдается на протяжении нескольких лет, она устойчива и не случайна. Возделывание пшеницы в России носит интенсивный характер. Прирост урожайности обеспечивается во многом не за счет расширения площадей, а за счет внедрения передовых технологий в процессе выращивания [2].

Урожай зерна в России в 2019 г. увеличился на 6,5% по сравнению с показателем 2018 г. – до 120,7 млн т. Сельхозпроизводителям России в 2019 г. удалось собрать 74,33 млн т пшеницы. Это на 2,2 млн т больше, чем в 2018 г.

Рассматривая производство пшеницы по федеральным округам, можно отметить, что Южный федеральный округ является лидером по

производству пшеницы в 2019 г. (24 778 тыс. т), что на 2161 тыс. т больше, чем в 2018 г.

Урожайность пшеницы в стране за последние 11 лет выросла с 24,5 ц/га в 2008 г. до 28,7 ц/га в 2019 г. Существенный рост урожайности пшеницы – это важная стратегическая задача. Долгосрочная и устойчивая тенденция роста урожайности производства пшеницы позволяет решить эту задачу.

В условиях растущей конкуренции чрезвычайно важно обратить серьезное внимание на качество зерна пшеницы [1]. Согласно данным Федерального центра оценки безопасности и качества зерна и продуктов его переработки, доля продовольственной пшеницы составила 82,2% (+6,2 п. п. к уровню 2018 г.), в том числе доля пшеницы 1 – 3-го классов выросла до 82,2% (+6,2 п. п.), доля пшеницы 4-го класса снизилась до 44,6% (–1,7 п. п.), а пшеницы 5-го класса упала до 17,8% (–5,8 п. п.).

В современных экономических условиях перспективно и значимо уделять внимание повышению конкурентоспособности и расширению производства отечественного высококачественного зерна пшеницы, чтобы сохранить и преумножить позицию России на внешнем рынке зерна. Важное значение для развития экономики страны имеет и переработка зерна, а именно строительство новых заводов по глубокой переработке пшеницы [3].

Экспорт российской пшеницы является главенствующим фактором повышения конкурентоспособности отрасли на сегодняшний день. Однако, он не должен стать единственным и долгосрочным фактором, который мог бы в будущем определять место России на мировом рынке продовольствия. Так, необходимо развивать и другие направления экономики производства пшеницы. С помощью развития новейших технологий и их внедрения в производство, возможно, в конечном итоге, повысить урожайность, а также улучшить качество конечной продукции.

За счет повышения конкурентоспособности российского зерна на мировом рынке, путем снижения совокупных издержек, включая логистические, и улучшения качества зерна к 2030 г. прогнозируется повышение доли Российской Федерации на рынках ведущих стран-потребителей российской пшеницы до 43%, что составит 32,5 млн. т.

Список использованных источников

1. Алимова, Г. К. Цена как экономический инструмент стимулирования производства качественного зерна / Г. К. Алимова // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2018. – № 3(70). – С. 75 – 85.

2. Производство пшеницы в России / В. М. Зимняков, А. А. Курочкин, С. В. Богомазов, Е. Н. Варламова // Нива Поволжья. – 2020. – № 1(54). – С. 15 – 21.

3. Зимняков, В. М. Тенденции производства пшеницы в России / В. М. Зимняков // Инновационная техника и технология. – 2020. – № 2(23). – С. 48 – 52.

References

1. Alimova, G. K. Price as an economic tool for stimulating the production of quality grain / G. K. Alimova // Bulletin of the Belgorod University of cooperation, Economics and law. – 2018. – № 3(70). – P. 75 – 85.

2. Wheat Production in Russia / V. M. Zimnyakov, A. A. Kurochkin, S. V. Bogomazov, E. N. Varlamova // Niva of The Volga Region. – 2020. – № 1(54). – P. 15 – 21.

3. Zimnyakov, V. M. Trends in wheat production in Russia / V. M. Zimnyakov // Innovative equipment and technology. – 2020. – № 2(23). – P. 48 – 52.

УДК 33:004.77

Н. И. Куликов

(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Бухгалтерский учет и аудит», Тамбов, Россия, e-mail: kulikov68@inbox.ru)

КАК ПОМОЧЬ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКЕ И ГРАЖДАНАМ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19, ИСПОЛЬЗУЯ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СЕРВИСЫ?

Аннотация. Рассмотрены влияние пандемии коронавируса на экономику России, и способы выхода из сложившейся экономической ситуации. Необходимо поддержать производителей сельскохозяйственной продукции, у которых доля от реализации сельхозпродукции составляет не менее 70%, так как из-за негативного влияния коронавируса значительно выросли затраты на производство сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: коронавирус, онлайн-сервисы, экономика, поддержка, услуги, налог.

N. I. Kulikov

(Tambov State Technical University, Department of Accounting and Audit, Tambov, Russia)

HOW CAN WE HELP THE RUSSIAN ECONOMY AND CITIZENS DURING THE COVID-19 PANDEMIC USING DIGITAL TECHNOLOGIES AND SERVICES?

Abstract. This article examines the impact of the coronavirus pandemic on the Russian economy, and ways out of the current economic situation. It is necessary to support agricultural producers whose share of agricultural products is at least 70%, since the negative impact of the coronavirus has significantly increased the cost of agricultural production.

Keywords: coronavirus, online services, economy, support, services, tax.

В ситуации пандемии коронавируса и карантинных мер, чтобы сократить количество контактов и сдержать распространение вируса, большинство стран мира пересмотрели вопрос использования наличных денег и реализовали ряд цифровых технологий по повышению доступности онлайн-сервисов. ЦБ РФ также разработал рекомендации для финансово-кредитных организаций по ограничению выдачи и приему наличных денег через банкоматы, работы с клиентами по переходу на альтернативные способы расчетов, которые не требуют от клиентов похода в офис.

В системе быстрых платежей Банк России отменил комиссию для банков, ограничил максимальную эквайринговую комиссию для онлайн-покупок. Пандемия коронавируса вынудила и банки, и корпоративных клиентов, и физических лиц быстрее внедрять продукты и услуги, используя цифровые кошельки и другие платежные интерфейсы, которые не требуют похода в офис банка, а клиенту находиться на рабочем месте [1]. Следует так же отметить, что в России за последние 5 лет цифровая трансформация стала стратегической задачей для банков и многих компаний, о чем свидетельствуют данные рис. 1.

Пандемия коронавируса привела к взрывному переходу клиентов в онлайн-сервисы. По данным консалтинговой компании (КМДА), партнера Microsoft в апреле 2020 г., доля оформлений онлайн-кредитов наличными достигла 57%, онлайн-вкладов – 80%, онлайн-автокредитов – 40%, онлайн-ипотеки – 32%, а по брокерскому бизнесу практически 100% операций осуществляется в онлайн-режиме. Многие банки сделали новые версии мобильного банка для физических лиц и появились совсем новые версии для юридических лиц: мобильная версия и WEB-версия [2]. И здесь речь уже идет не только о новых продуктах и услугах, а о целых больших продуктовых каналах или классах, которые сейчас активно перестраиваются. Меняется и облик мобильного банка, который будет представлять собой большие продуктовые новости.

Банки в период пандемии коронавируса и карантинных мер стали использовать технологии видео-банкинга, что позволяет им потребности клиентов удовлетворить, при этом выдерживая физическую дистанцию. Видео-банкинг дает возможность банкам предоставить клиентам еще одну точку взаимодействия, предлагая дистанционно клиенту практически те же продукты и услуги, как и при личном общении с операционистом.

Последние два года банки работали над надежностью и устойчивостью выдачи продуктов через удаленные каналы и здесь банки достигли значительных успехов и в период пандемии коронавируса в работе IT-систем практически не наблюдались сбои, и клиенты не испытали проблем при входе в онлайн-системы. Многие банки

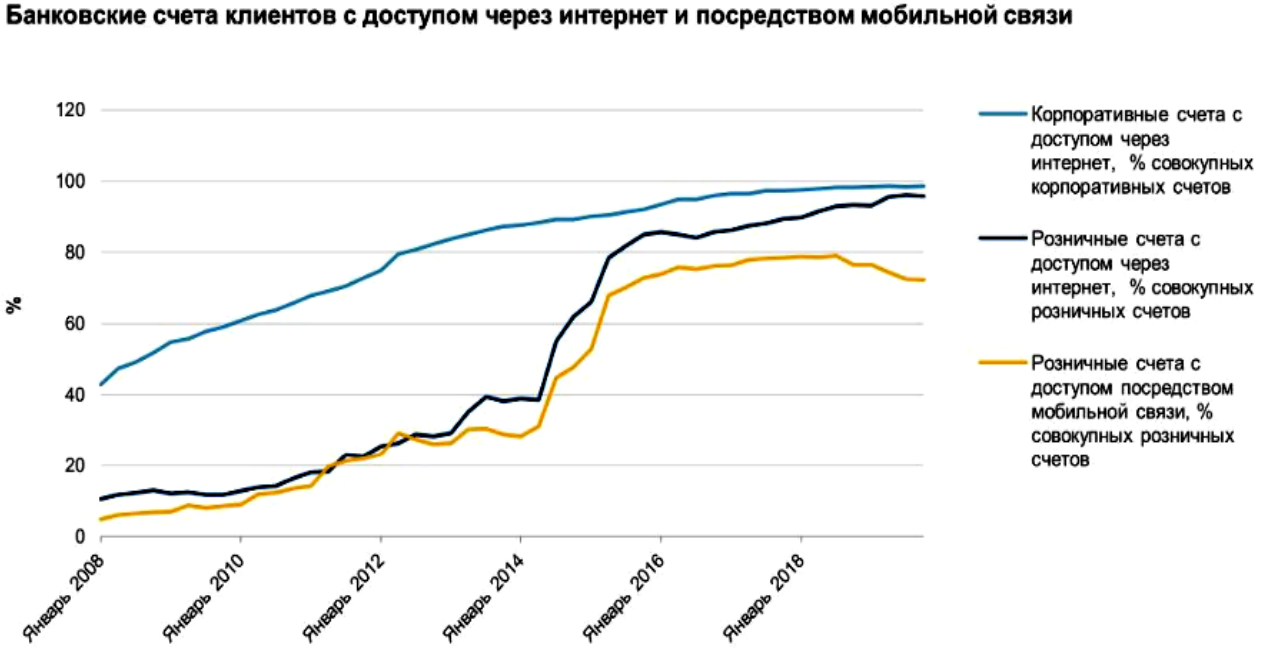


Рис. 1. Банковские счета клиентов с доступом через интернет и посредством мобильной связи

запустили онлайн-сервисы, которыми можно будет воспользоваться удаленно в период пандемии коронавируса, чтобы своевременно реализовывать программу правительства по поддержке российской экономики и российских граждан. А сделать предстоит немало.

Россия имеет возможность потратить на борьбу с COVID-19, поддержку экономики и граждан до 6 трлн руб. из 18 трлн руб. накопленных. Сравним расходы, которые были произведены в России на два значительных спортивных события за последние годы. Олимпиада в 2014 г. в Сочи и Чемпионат мира по футболу в 2018 г. По данным российской аудиторско-консалтинговой компании ФБК на олимпиаду было потрачено из бюджета около 50 млрд. долларов, а на чемпионат мира соответственно более 14 млрд. долларов, если пересчитать по сегодняшнему курсу доллара (74 руб. на дату написания), то получим затраты на эти два события в сумме 4,74 трлн руб. Если учесть, что, начиная с 2009 г. и включительно по 2018 г. в России всегда был дефицитный бюджет и накопленные резервы не превышали 5 трлн руб., что составляет чуть более четверти от имеющихся резервов сегодня и даже в этих условиях страна смогла профинансировать проведение масштабных спортивных соревнований. Как мы видим, что меры господдержки в России сегодня нельзя назвать сверхмасштабными и почти в 3 раза меньше, чем было потрачено на 2 больших спортивных мероприятия из бюджетов всех уровней. Экономисты призывают российское правительство увеличить расходы госбюджета и фискальные стимулы на поддержку экономики и граждан. За три месяца (апрель – июнь) 2020 года в России правительством было принято три пакета антикризисных мер поддержки экономики и граждан. Но надо признать, стимулы правительства России на поддержку экономики невелики. Из 1,5 трлн руб. только 300 млрд. руб. – затраты бюджета, а остальные 1,2 трлн руб. – это субсидированные кредиты и отсрочка по налогам, т.е. деньги самого же бизнеса и граждан: это зарплатные кредиты по нулевой ставке под гарантии от ВЭБа, покрывающие 75% кредита, кредитные каникулы, реструктуризация кредитов, все это приведет к закредитованности бизнеса и отодвинет эту проблему на будущее. Третий пакет антикризисных мер предусматривает более значительные льготы, но только для бизнеса из пострадавших отраслей экономики в соответствии с оквэдом.

В соответствии с третьим пакетом за 2 квартал 2020 г. налоги и страховые взносы полностью будут списаны с предприятий малого и среднего бизнеса, которые пострадали от Covid-19. С 1 июня 2020 года запущено льготное кредитование под 2% годовых на поддержку занятости из расчета 1 МРОТ на сотрудника. Причем бизнес получает возможность не возвращать полученные кредиты и начисленные процен-

ты, если сохранит 90 и более процентов рабочих мест и если сохранит не менее 80% рабочих мест, то спишется половина сумма кредита и процентов. Такой мерой поддержки смогут воспользоваться только 1,5 миллиона предприятий малого и среднего бизнеса из 6 млн зарегистрированных, или только одна четверть.

Вернут налог на профессиональный доход за 2019 год самозанятым, а также ИП получат вычет из начисленных страховых взносов в размере 1 МРОТ. В целом надо отметить, набор мер поддержки экономики и граждан является реальным и разумным, но принимаемых мер по поддержке экономики и населения недостаточно. По данным ЦБ РФ доля российских предприятий достигала 84% в апреле, на деятельность которых повлияли ограничения в связи с коронавирусом и ослаблением курс рубля, из них 40% отмечают отмену или перенос заказов, около 30% сообщили о перебоях в поставках сырья и материалов [4].

Так же Банк России отмечает значительное снижение экономической активности, объем входящих платежей в апреле сократился на 18% к нормальному уровню. В апреле 2020 года оборот денежной выручки малого и среднего бизнеса сократился на 54% по сравнению с апрелем 2019 г. Мы считаем, что в сложившейся ситуации необходимо расширять предложенные меры поддержки на все предприятия малого и среднего бизнеса, где денежная выручка сократилась более чем на 30% по сравнению с соответствующим периодом 2019 г., списать налоги и страховые взносы, дать кредиты под нулевую процентную ставку для выплаты зарплаты и пополнение оборотных средств. Предлагаемые меры позволят увеличить количество предприятий малого и среднего бизнеса, которые будут иметь право воспользоваться льготами с 1,5 млн до 4,5 млн.

Необходимо поддержать производителей сельскохозяйственной продукции, у которых доля от реализации сельхозпродукции составляет не менее 70%, так как из-за негативного влияния коронавируса значительно выросли затраты на производство сельскохозяйственной продукции, а покупательский спрос, наоборот, на многие группы товаров снизился. Сельхозтоваропроизводителям, субъектам малого бизнеса, продлить на год льготные кредиты, если они заканчиваются в 2020 г. и отсрочить платежи по процентам по этим кредитам тоже на один год. По имеющимся у них инвестиционным кредитам разрешить не платить в течение одного года как по основному долгу, так и по процентам. Пролонгация кредитов позволит сохранить производственную цепочку и обеспечить рентабельность производства.

Как власти других стран мира помогают своей экономике в период Covid-19? На поддержку экономики госпомощь различных стран мира составит: США – 12,4% от ВВП, Италия и Япония – по 20% от

ВВП, Австрия – 18,2% от ВВП, Австралия – 9,7% от ВВП, Канада – 6% от ВВП, Казахстан – 3,4% от ВВП, а в России пока на поддержку экономики предусмотрено около 2% от ВВП. США только из госбюджета на борьбу с коронавирусом и поддержку своей экономики выделили около 3 трлн долл., а в целом пакет поддержки составит 9 трлн долл. 350 млрд. долл. бюджетных средств малый бизнес уже получил и этого оказалось мало, в конце апреля 2020 г. конгресс утвердил программу поддержки еще на 500 млрд. долл. Почти 800 тысяч предприятий малого и среднего бизнеса США получили субсидии на сумму 3,3 млрд. долл.

Власти США дополнительно подготовили новый пакет помощи населению в размере 1 трлн долларов, об этом сообщил министр финансов Стивен Мнучин 27 июля 2020 года, которые предполагают прямые выплаты семьям в размере 1200 долл.

Правительство Великобритании на борьбу с пандемией коронавируса и поддержку экономики выделило более 300 млрд фунтов стерлингов, что в переводе на российские рубли составило 29,7 трлн руб. или 1,5 годового российского бюджета РФ. В марте 2020 года правительство ввело схему компенсации зарплат сотрудникам, временно оставшимся без работы из-за коронавируса и самозанятым, в соответствии с этой схемой выплачиваются компенсации в размере 80% от зарплаты, но не более 2,5 тыс. фунтов стерлингов в месяц на сотрудника. На 1 июля 2020 года уже выплачено 25,5 млрд фунтов стерлингов (что составляет 2,3 трлн руб.), а население Великобритании в 2,2 раза меньше, чем в России. Также предприятия малого бизнеса получили гарантированные государством кредиты на сумму в 29,5 млрд фунтов стерлингов, а крупный бизнес соответственно 2,3 млрд фунтов стерлингов.

В России пока льготами смогли воспользоваться и получить деньги около 30% представителей малого и среднего бизнеса, которые пострадали от COVID-19, а также надо признать многое из предложенных мер саботируют банки. Если в США банки в большинстве случаев выступает как операторы по транзакциям денежных средств своим клиентам, то в России все это осуществляется через кредиты.

В России также требуется финансовая поддержка и населению. По данным института экономики РАН в России около 25 млн. человек оказалось в беде: это около 10 млн. человек оказавшихся в сложном финансовом положении официальных наемных работников, занятых на малых предприятиях, 5 млн. человек самозанятых, 8 млн. человек работали в теневом бизнесе. А если признать, что в России средняя семья состоит из трех человек, то таких людей, испытывающих проблемы с финансами, окажется около 75 млн. человек. По данным ком-

пании «ИНФОМ» 47% опрошенных россиян сказали, что в семье есть не выплаченные кредиты и долги, 16% граждан оказались в группе риска из-за частичный или полный потери доходов, 15% россиян в апреле вынуждены были брать в долг [5].

В России сегодня принятый пакет мер, предусматривает только поддержку семей с детьми. Это выплаты на каждого ребенка до 3 лет по 5 тыс. руб., от 3 до 7 лет по 5,5 тыс. руб. и единовременная выплата по 10 000 руб. на каждого ребенка от 3 до 15 лет включительно. Поддержка семей с детьми необходима, но этого недостаточно. Необходимо распространить эти выплаты на детей старших возрастов и студентов очный формы обучения до 24 лет.

В России кроме госгарантий и отсрочки по кредитам необходимо увеличить расходы на прямые выплаты из госбюджета и гражданам и малому бизнесу. Если даже 50 млн. человек оказавшимся в беде выплачивать по 10 000 в месяц, то на 2 месяца потребуется всего 1 трлн руб. – это вполне реальные и посильные расходы для государства.

Риски от прямых выплат в сложившейся ситуации будут минимальные и не спровоцируют рост инфляции, так как за апрель – май 2020 года доходы граждан сократились примерно на 20%, и прямые выплаты гражданам даже не смогут компенсировать те средства, которые потеряли наемные работники.

Очередное заявление министра финансов А. Силуанова что «вертолетной» раздачи денег не будет, так как российский рубль не является резервный валютой, не имеет под собой финансового обоснования. На все наши предложения потребуется около 2 трлн руб. Такие меры снизят нагрузку на бизнес и вызовут потребительский спрос, так как потребительский спрос за апрель-май сократился на 10,5%. Чтобы не допустить разрыва производственных цепочек из-за неплатежей и поддержать потребительский спрос российское правительство должно направить на поддержку экономики и граждан не менее 10% от ВВП, что будет соответствовать 10 трлн руб., из них 6 трлн руб. бюджетные средства, а остальные 4 трлн руб., это фискальные меры и субсидированные кредиты. Только при такой поддержке российский ВВП в 2020 г. может уменьшиться не более чем на 1,5…2%, а в 2021 г. обеспечит рост экономики до 6…7%, если предложенные меры не будут реализованы, то надо рассматривать худший вариант, падение экономики России на 10…14%.

В период реализации правительственной программы по поддержке экономики России и граждан, искусственный интеллект позволит компаниям и банкам сократить до 30% затраты на обслуживание клиентов, автоматизировать платежи в работе с посредниками, провести тендеры для приобретения необходимых товаров и продуктов, миними-

зировать издержки, а отдельные затраты даже исключить. Искусственный интеллект без сомнения – будущее финансовой сферы [6]. Вместе с тем, на сегодня остается открытым вопрос создания правовых условий для развития IT-технологий, этических норм, обучения квалифицированных кадров в области работы с большими данными. Это только часть вопросов, на которые в ближайшее время необходимо ответить и государству, и профессиональному сообществу на пути к цифровым финансам.

Список использованных источников

1. Куликов, Н. И. Цифровая экономика на службе малого бизнеса / Н. И. Куликов, Ю. В. Кудрявцева // Цифровая экономика в профессиональном образовании. – 2017. – С. 20 – 26.

2. Глазьев, С. Ю. Экономика будущего. Есть ли у России шанс? / С. Ю. Глазьев. – М. : Книжный мир, 2017. – 634 с.

3. Доходы, кредиты и социальные настроения (по результатам регулярного мониторинга ИНСАП РАНХИГС) / Е. Е. Гришина, Д. М. Логинов, А. Г. Полякова, А. Я. Бурдяк // Экономическое развитие России. – 2019. – № 12. – С. 57 – 72.

4. Пешкова, Х. В. Денежно-кредитная политика государства и бюджет / Х. В. Пешкова // Финансовое право. – 2016. – № 4. – С. 21 – 23.

5. Цуциева, О. Т. К вопросу о роли ЦБ РФ в развитии денежно-кредитной политики / О. Т. Цуциева, Т. Г. Тахохова // Актуальные вопросы современной экономики. – 2018. – № 5. – С. 94 – 98.

6. Куликов, Н. И. Прорывные IT-технологии ПАО «Сбербанк» на рынке банковских услуг / Н. И. Куликов, Ю. В. Кудрявцева // Современные тенденции развития теории и практики управления в России и за рубежом : материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 138 – 151.

References

1. Kulikov, N. I. Digital economy in the service of small business / N. I. Kulikov, Yu. V. Kudryavtseva // Digital economy in professional education. – 2017. – C. 20 – 26.

2. Glazyev, S. Yu. Economy of the future. Does Russia have a chance? / S. Yu. Glazyev. – Moscow : Knizhny Mir, 2017. – 634 p.

3. Income, loans and social attitudes (based on the results of regular monitoring OF the insap ranepa) / E. E. Grishina, D. M. Loginov, A. G. Polyakova, A. Ya. Burdyak // Economic development of Russia. – 2019. – № 12. – P. 57 – 72.

4. Peshkova, H. V. Monetary policy of the state and the budget / H. V. Peshkova // Financial law. – 2016. – № 4. – P. 21 – 23.

5. Tsutsieva, O. T. On the role of the Central Bank of the Russian Federation in the development of monetary policy / O. T. Tsutsieva, T. G. Takhokhova // Current issues of the modern economy. – 2018. – № 5. – P. 94 – 98.

6. Kulikov, N. I. Breakthrough IT technologies of Sberbank PJSC in the banking services market / N. I. Kulikov, Yu. V. Kudryavtseva // Modern trends in the development of management theory and practice in Russia and abroad : proceedings of the VIII international conference scientific and practical conferences. – 2017. – P. 138 – 151.

УДК 631.363.5

С. А. Макаров, И. Ю. Тюрин
(ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», Саратов, Россия)

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМЫ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА В СИСТЕМУ ЦИФРОВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Аннотация. Интеграция системы планово-предупредительного ТО и ремонта машинно-тракторного парка в систему цифрового сельского хозяйства является одним из важнейших критериев обеспечения работоспособности состояния эксплуатируемых машин согласно действующей планово-предупредительной системе (ППС). В статье рассмотрена интеграция системы планово-предупредительного ТО и ремонта машинно-тракторного парка в систему цифрового сельского хозяйства.

Ключевые слова: цифровизация, сельское хозяйство, эффективность, тракторный парк, ремонт.

S. A. Makarov, I. Yu. Tyurin
(Saratov State Agrarian University N. I. Vavilova, Saratov, Russia)

INTEGRATION OF THE SYSTEM AS PLANNED-PREVENTIVE MAINTENANCE AND REPAIR OF THE MACHINE AND TRACTOR FLEET IN THE DIGITAL AGRICULTURE SYSTEM

Annotation. Integration of the system of planned preventive maintenance and repair of the machine and tractor fleet into the system of digital agriculture is one of the most important criteria for ensuring the operability of the state of operated machines in accordance with the current planned preventive system (PPP). The article considers the integration of the SYSTEM of planned preventive maintenance and repair of the machine and tractor fleet into the system of digital agriculture.

Keywords: digitalization, agriculture, efficiency, tractor fleet, repair.

Все правила по техническому обслуживанию конкретных типов и моделей машины с указанием требуемых технологических операций по каждому виду обслуживания изложены в специальных документах, представленных Техническим описанием, рекомендациями и руководством. Несмотря на то, что в традиционном сельскохозяйственном секторе на данный момент достаточно четко выражена очень высокая степень зависимости от человеческого фактора, сельское хозяйство является одной из отраслей, в которых цифровизацией обеспечивается получение наиболее быстрого и заметного экономического эффекта [5].

Сельское хозяйство относится к числу географически децентрализованных отраслей, поэтому для настоящего масштабирования новых и перспективных технологий в сфере обязательного планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта машинно-тракторного парка для большого количества предприятий необходимо внедрение специальных программ на государственном уровне, или привлечение глобальных компаний, обладающих мощными распределенными сетями.

Наряду с количественным преобразованием осуществляются заметные качественные изменения сельскохозяйственных машин с внедрением более мощных агрегатов для работы на высоких скоростях и новейших комбайнов для уборки зерновых и других культур [6 – 9]. Внимание уделяется электрификации и автоматизации средств механизации в кормопроизводстве, животноводческой и птицеводческой сфере, в других сельскохозяйственных областях [2].

Поскольку технические средства становятся более сложными, с целью обеспечения эффективного использования, необходимо наличие мощной базы технического обслуживания или ремонта с учетом интеграции в систему цифрового сельского хозяйства, привлечения персонала высокой квалификации на специализированные рабочие места, оснащенные ремонтно-технологическим оборудованием. Техническое обслуживание осуществляется таким образом, чтобы обеспечивать постоянство технической готовности и безопасной работы машин. Внедрение IT-технологий позволяет сокращать издержки, снижать производственные риски, способствует повышению производительность труда в сфере обслуживания сельскохозяйственной техники.

Цифровое сельское хозяйство четко сфокусировано на максимальной эффективности каждой операции. Сельское хозяйство давно вышло за рамки «автоматизации», а системы управления с наличием искусственного интеллекта или спутниковой связи являются сегодня неотъемлемой частью самодостаточных машин. Датчиками, работаю-

щими в режиме реального времени, легко обеспечивается получение всех данных, касающихся деятельности машин и окружающей среды. Хранилище данных, основанных на облачных технологиях, дополняется обменом сведений между машинами [4].

Понятно, что малые хозяйства сталкиваются с недоступностью современных средств для активной интеграции системы планово-предупредительного ТО и ремонта машинно-тракторного парка, механизации и автоматизации. По-прежнему сохраняется просто огромный нереализованный потенциал с точки зрения экстенсивного и интенсивного развития, поэтому важно задумываться о процессах обязательной интенсификации с внедрением передовых технологий. На данный момент потенциал цифровизации состоит в ослаблении целевых конфликтов при возможности высокоэффективной разработки всех основных процессов для наиболее качественного и быстрого технического обслуживания сельскохозяйственной техники и ремонтных мероприятий.

Цифровую трансформацию категорически нельзя рассматривать в качестве самоцели, потому что данное средство требуется применять с целью инновационной оптимизации уже имеющегося потенциала конкретного сельскохозяйственного предприятия с учетом оптимального нормативного регулирования сферы цифровизации или ее практического применения [1].

На данный момент сельское хозяйство сложно отнести к числу самых инновационных отраслей в Российской Федерации. Тем не менее, наличие перспективной цифровой трансформации АПК и запланированный технологический прорыв можно считать одним из главных трендов системы планово-предупредительного ТО и ремонта машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве на ближайшие годы. Такой ключевой фактор в динамике развитии сельскохозяйственных территорий в частности и сельского хозяйства в целом, нуждается в оснащенности предприятий современной вычислительной техникой разного класса и достаточном финансировании.

Необходимо разработать стабильно функционирующие и высоконадежные правовые основы, включая действенные и максимально прозрачные законы о защите данных, а также важное патентное право. Нужно помнить, что набор услуги, который только в случае обязательного централизованного предоставления при государственной помощи имеет экономический смысл, а наличие поддержки должно относиться к числу приоритетных государственных задач [3].

Интеграция системы планово-предупредительного технического осмотра и ремонта машинно-тракторного парка в систему цифрового сельского хозяйства требует стимулирования предприятий, которые внедряют такие инновации, создания определенной инфраструктуры сведений или нацеленной государственной поддержки исследований. Важно развивать систему для подготовки мастеров высокого уровня и повышения квалификации специалистов ТО и ремонта, ориентированной на практическое применение полученных навыков и знаний.

Именно на это были направлены опыты внедрения цифровых технологий контроля за своевременным проведением всех видов технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники, а также учет расходных материалов на базе структурных подразделений ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, которые позволяют поддерживать имеющуюся в хозяйстве технику в работоспособном состоянии.

Список использованных источников

1. Цифровая экономика Российской Федерации : Программа, утв. распоряжением Правительства Российской Федерации № 1632-р от 28 июля 2019 г. [Электронный ресурс].

2. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 гг. : Указ Президента Российской Федерации № 203 от 09.05.18 г. [Электронный ресурс]. – URL : http:// www.garant.ru/ipo/prime/doc/71570570/.

3. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017 – 2025 гг. : утв. постановлением Правительства Российской Федерации № 996 от 25 августа 2017 г. // Информация ФГБУ «Спеццентручет в АПК» от 29.05.18 г. [Электронный ресурс]. – URL : www.rg.ru.

4. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г. : Указ Президента Российской Федерации № 204 от 7 мая 2018 г. [Электронный ресурс]. – URL : http://www. garant.ru/products/ipo/prime/doc/71837200/#ixzz5U0J9LabW.

5. Развитие цифровой экономики России. Программа до 2035 г. [Электронный ресурс]. – URL : https://www. twirpx.com/file/2332179/

6. Старцев, А. С. Системный анализ работы зерноуборочного комбайна на уборке подсолнечника / А. С. Старцев // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 12. – С. 78 – 80.

7. Тюрин, И. Ю. Принципы и направления модернизации инженерно-технологического обеспечения возделывания сельскохозяйствен-

ных культур / И. Ю. Тюрин // Научное обозрение. – 2011. – № 2. – С. 47 – 51.

8. Дугин, Ю. А. Совершенствование технологии и разработка роторно-винтового молотильного аппарата для обмолота нута : дис. … канд. техн. наук / Ю. А. Дугин. – Волгоград : Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия, 2008.

9. Increase of efficiency quality of drying process during the crops' harvesting / I. Yu. Tyurin, A. D. Sharashov, V. A. Rustamov, V. E. Yuldashev, Yu. A. Dugin // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2019. – V. 11. № 5. – P. 158 – 163.

References

1. Digital economy of the Russian Federation : Program approved by the decree of the government of the Russian Federation № 1632-R dated July 28, 2019 [Electronic resource].

2. On the strategy for the development of the information society in the Russian Federation for 2017-2030 : decree Of the President of the Russian Federation No. 203 of 09.05.18 [Electronic resource]. – URL : http://www.garant.ru/ipo/prime/doc/71570570/.

3. Federal scientific and technical program for the development of agriculture for 2017 – 2025 : approved by The decree of the government of the Russian Federation № 996 of August 25, 2017 // Information of the Federal state budgetary institution “special center for Agriculture” of 29.05.18 [Electronic resource]. – URL : www.rg.ru.

4. On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024 : decree Of the President of the Russian Federation No. 204 of may 7, 2018 [Electronic resource]. – URL : http://www. gar-ant.ru/products/ipo/prime/doc/71837200/#ixzz 5U0J9LabW.

5. Development of the digital economy in Russia. Program until 2035 [Electronic resource]. – URL : https://www. twirpx.com/file/2332179/

6. Startsev, A. S. System analysis of the work of a combine harvester on sunflower harvesting / A. S. Startsev // Agrarian scientific journal. – 2018. – № 12. – P. 78 – 80.

7. Tyurin, I. Yu. Principles and directions of modernization of engineering and technological support for cultivation of agricultural crops / I. Yu. Tyurin // Scientific review. – 2011. – № 2. – P. 47 – 51.

8. Dugin, Yu. A. Improving the technology and development of a rotor-screw threshing machine for threshing chickpeas : the dissertation

on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences / Yu. A. Dugin. – Volgograd : Volgograd state agricultural Academy, 2008.

9. Increase of efficiency quality of drying process during the crops' harvesting / I. Yu. Tyurin, A. D. Sharashov, V. A. Rustamov, V. E. Yuldashev, Yu. A. Dugin // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2019. – V. 11. № 5. – P. 158 – 163.

УДК: 631.153

Т. Е. Маринченко
(ФГБНУ «Росинформагротех», р/п Правдинский, Россия,
e-mail: 9419428@mail.ru)

ЦИФРОВИЗАЦИЯ АПК: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИТОГИ

Аннотация. Цифровая трансформация сельского хозяйства является частью федеральной стратегии для обеспечения технологического прорыва в развитии АПК. Проанализирован уровень проникновения цифровизации в агропроизводство, определены перспективы процесса в контексте поставленных государством задач и наличия разработок российских компаний в области цифровизации сельского хозяйства.

Ключевые слова: АПК, цифровизация, программа, перспективы.

T. E. Marinchenko
(Rosinformagrotekh FSBSI, Pravdinsky Township, Russia)

DIGITIZATION OF THE AGRICULTURAL SECTOR: PRELIMINARY RESULTS

Abstract. The digital transformation of agribusiness is a part of the federal strategy to ensure a techno-logical breakthrough in the development of the agricultural sector. The level of penetration of digitaliza-tion into agricultural production is analyzed, the prospects of the process in the context of the tasks set by the government and the availability of developments of Russian companies in the field of digitaliza-tion of agriculture are determined.

Keywords: agribusiness, digitalization, program, prospects.

Введение. Уровень агропроизводства обуславливается степенью интеллектуализации производства, обеспеченности современными технологиями и автоматизированными техническими средствами с соответствующим информационным и приборным обеспечением. Переход к передовым интеллектуальным технологиям является сегодня основным вектором совершенствования агропроизводства в мире.

По оценке Глобального института McKinsey (MGI), уже в ближайшие 20 лет до 50% рабочих операций в мире может быть автоматизировано [1].

Уровень проникновения цифровых технологий в сельское хозяйство относительно развитых стран в России относительно небольшой, по данным Минсельхоза России, на 1000 работников АПК приходится 5 IT-специалистов, инвестиции в цифровые технологии составляют не более 10 руб./га, тогда как в ЕС – 25 IT-специалистов и 350…500 руб./га [2].

Цифровая трансформация АПК является частью федеральной стратегии – реализуется ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство», целью которого является модернизация и повышение эффективности отрасли, внедрение цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в АПК, которые приведут к повышению производительности труда в два раза к 2024 г. Ресурсное обеспечение проекта – 152 млрд руб., 85% бюджета проекта – точечная господдержка для стимулирования внедрения проектов.

Целью исследования является анализ уровня проникновения цифровизации в АПК, определение перспектив в рамках поставленных государством задач и наличия компетенций у российских компаний.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили: ведомственная программа «Цифровое сельское хозяйство», научные публикации по проблемам цифровизации АПК и данные о российских разработках в области цифровизации. Применялись методы: монографический, сравнительного и системного анализа, идеализации и мысленного моделирования, а также логический подход.

Результаты. Россия занимает 45 место по уровню проникновения информационных технологий в сельское хозяйство, в стране только 10% пашни обрабатывается с применением цифровых технологий, по данным Минсельхоза России. По оценкам, только 13…15% российских агропроизводителей в состоянии заниматься цифровизацией и коммерциализацией научно-технических разработок [3].

Цифровые данные, обрабатываемые современными принципами сбора и обработки, рассматриваются как один из ключевых активов отрасли. Создаваемая национальная платформа «Цифровое сельское хозяйство», интегрированная с платформами смежных отраслей, будет аккумулировать информацию, лучшие практики и модели отрасли, а также предоставлять сервисы доступа и обработки данных, что позволит значительно ускорить сам процесс и добиться синергетического

эффекта. Платформа станет основой построения экосистемы цифровых сервисов и услуг в АПК [2].

Ожидается, что цифровизация обеспечит получение экономических эффектов и снижение затрат не менее чем на 23%, по данным Аналитического центра Минсельхоза России.

Задачей цифровых технологий становится максимальная автоматизация всех этапов производственного цикла с целью сокращения потерь и повышения производительности, оптимизация, управление ресурсами на основе решений, принятых в результате обработки потоков BigData.

Комплекс решений, который позволяет автоматизировать весь цикл сельскохозяйственных операций по выращиванию растений или животных, представляет собой AIoT-проект, который позволяет автоматизировать весь цикл сельскохозяйственных операций по выращиванию растений или животных.

Большую роль в цифровизации АПК начинает играть интернет вещей – концепция вычислительной сети физических предметов («вещей»), оснащенных встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или внешней средой.

Суммарный экономический эффект от перехода сельских хозяйств на бизнес-модели, базирующиеся на IoT и цифровизации, может составить более 4,8 трлн руб. в годовом выражении, а возможный прирост объема потребления информационных технологий – 22% [4].

IoT-платформа – центральный элемент экосистемы IoT и комплексных интегрированных IoT-проектов с высокой степенью автоматизации, большим количеством участников и соединенных устройств. Можно отметить несколько отечественных компаний, предоставляющих услуги по развертыванию на IoT-платформе специализированного программного обеспечения, способного обрабатывать собранные с помощью сенсоров данные, например, «Rightech» (платформа «Rightech») и АО «Компонента» (kSense). Компания «Exact Farming» (Москва) помогает предприятиям управлять урожайностью и прибыльностью полей, используя одноименный онлайн-сервис/мобильное приложение. Программный продукт Smart4agro от компании «Алан ИТ» (Ярославская область) – облачный геоинформационно-аналитический сервис для поддержки принятия управленческих решений в АПК. Промышленными IoT-проектами также занимаются компании «Стриж Телематика» (IoT-платформа «СТРИЖ», Москва), ООО «ЛЕЙЗ» (платформа Every Net Core Network, Санкт-Петербург), «Продуктивные Технологические Системы» (ООО «ПТС», платформа Thing Worx, Москва), компания «Cybervillage» («Cybervillage 4.02, Москва), информационная система «АНТ» на платформе Geo Look (Москва) и другие [5 – 8].

Выводы. Процессы цифровизации АПК и экономики России в целом будут вовлекать в развитие совместных IoT-решений все большее количество участников в цепочке создания стоимости. Уникальным свойством интернета вещей и обработки агрегатированных BigData является то, что чем больше данных собирается и обрабатывается современными программными инструментами, тем «умнее» становится система и ценнее информация, выдаваемая в результате обработки – готовые математические модели процессов производства и сбыта, которые позволяют планировать объемы, качество, и доходность в географическом и временном измерениях.

Наблюдается также трансформация общего процесса – от программного обеспечения систем мониторинга в сторону готовых IoT-платформенных решений, с внедренными средствами интеллектуального обучения, алгоритмов взаимодействия устройств, аналитики BigData, дополненной реальности, цифровых двойников и других элементов Индустрии 4.0. Опыт российских компаний позволяет говорить о ресурсной достаточности для масштабной планомерной работы, при этом их компетенции позволяют быстро реагировать и обеспечивать решение запросов агропроизводителей.

Наблюдаемый прогресс в области интернета вещей, анализа BigData, облачных вычислений и искусственного интеллекта сделает возможными грандиозные инновации и может преобразить сельскохозяйственное производство и государственное управление. Для реализации концепции цифрового развития необходимо создать центр компетенций, который будет содействовать реализации проекта «Цифровое сельское хозяйство».

Список использованных источников

1. Цифровая Россия: новая реальность : отчет McKinsey& Company [Электронный ресурс]. – URL : https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Russia/Our%20Insights/Digital%20Russia/Digital-Russia-report.ashx (дата обращения: 27.11.2019).

2. Умное сельское хозяйство [Электронный ресурс]. – URL : http://mcxac.ru/umnoe-cx/umnoe-zemlepolzovanie/ (дата обращения: 27.11.2019).

3. Маринченко, Т. Е. Цифровая трансформация сельского хозяйства / Т. Е. Маринченко // Современная аграрная экономика: проблемы и перспективы в условиях развития цифровых технологий : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2019. – С. 69 – 73.

4. Интернет вещей в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – URL : https://www.cfo-russia.ru/issledovaniya/index.php?article = 27819 (дата обращения: 08.11.2019).

5. «Умное фермерство»: Обзор ведущих производителей и технологий [Электронный ресурс]. – URL : http://geoline-tech.com/smartfarm (дата обращения: 06.12.2019).

6. Цифровизация – самый эффективный путь к снижению себестоимости [Электронный ресурс]. – URL : http://agrovesti.ru/rubrika/article/tsifrovizatsiya-samyy-effektivnyy-put-k (дата обращения: 10.12.2019).

7. Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. – URL : https://www.coursehero.com/file/49273324/97d2448548e047b0952c3b9a1b10edde.pdf/ (дата обращения: 18.02.2019).

8. Маринченко, Т. Е. Диджитализация – новый вектор развития АПК / Т. Е. Маринченко // Цифровая трансформация сельского хозяйства: проблемы и перспективы : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2020. – С. 29 – 37.

References

1. Digital Russia: a new reality (2017) McKinsey & Company [Electronic resource]. – URL: https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Russia/Our%20Insights/Digital%20Russia/Digital-Russia-report.ashx (accessed on 27.11.2019).

2. Umnoye sel'skoye khozyaystvo [Electronic resource]. – URL : http://mcxac.ru/umnoe-cx/umnoe-zemlepolzovanie/ (accessed on 27.11.2019).

3. Marinchenko, T. E. Digital transformation of agriculture / T. E. Marinchenko // Sovremennaya agrarnaya ekonomika: problemy i perspektivy v usloviyakh razvitiya tsifrovykh tekhnologiy: All-Russian materials. scientific-practical conf. (Cheboksary, May 20, 2019). – Cheboksary, 2019. – 328 p.

4. Internet veshchey v sel'skom khozyaystve [Electronic resource]. – URL : https://www.cfo-russia.ru/issledovaniya/index.php?article = 27819/ (accessed on 08.11.2019).

5. «Umnoye fermerstvo»: Obzor vedushchikh proizvoditeley i tekhnologiy [Electronic resource]. – URL : http://geoline-tech.com/smartfarm / (accessed on 06.12.2019).

6. Tsifrovizatsiya – samyy effektivnyy put' k snizheniyu sebestoimosti [Electronic resource]. – URL : http://agrovesti.ru/rubrika/article/tsifrovizatsiya-samyy-effektivnyy-put-k (accessed on 10.12.2019).

7. Kontseptsiya «Nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya tsifrovogo sel'skogo khozyaystva «Tsifrovoye sel'skoye khozyaystvo» [Electronic resource]. – URL : https://www.coursehero.com/file/49273324/97d2448548e047b0952c3b9a1b10edde.pdf/ (accessed on 18.02.2019).

8. Marinchenko, T. E. Digitalization as a new vector of agricultural development / T. E. Marinchenko // Tsifrovaya transformatsiya sel'skogo khozyaystva: problemy i perspektivy : All-Russian materials. scientific – practical conf. (Cheboksary, February 28, 2020). – Cheboksary, 2020. – 430 p.

УДК 001.895:004

О. Л. Сапун, Н. А. Сырокваш, А. А. Шупилов
(УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», кафедра информационных процессов и моделирования экономических процессов, кафедра стандартизации и метрологии, Минск, Республика Беларусь)

ЦИФРОВИЗАЦИЯ КОММЕРЧЕСКИХ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК

Аннотация. Рассмотрена проблема цифровизации коммерческих инновационных разработок. Предложен метод создания информационного ресурса на основе формирования электронных регистров инноваций по определенным направлениям производственной деятельности.

Ключевые слова: цифровизации, инновационные технологии, информационный ресурс, электронные регистры, государственная регистрация.

O. L. Sapun, N. A. Syrokvash, A. A. Shupilov
(Belarusian State Agrarian Technical University, Department of Information Processes and Modeling of Economic Processes, Department of Standardization and Metrology, Minsk, Republic of Belarus)

DIGITIZATION OF COMMERCIAL INNOVATIVE DEVELOPMENTS

Abstract. The problem of digitalization of commercial innovative developments is considered. A method of creating an information resource based on the formation of electronic innovation registers in certain areas of production activity is proposed.

Keywords: digitalization, innovative technologies, information resource, electronic registers, state registration.

Одной из основных проблем в существующей инновационной среде, нерешенность которой негативно влияет на развитие инновационного потенциала, является недостаток информации о новых техно-

логиях и возможных рынках сбыта принципиально новых продуктов, получаемых в результате научной деятельности.

Новые технологические решения зачастую не находят потребителя. В Республике Беларусь происходит цифровизация коммерческих инновационных разработок, создан определенный информационный ресурс, обеспечивающий регистрацию научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ. Осуществляется государственная регистрация завершенных научных разработок, имеющих значение для реализации приоритетов социально-экономического развития, разработок новых технологических процессов, наукоемкой и конкурентоспособной продукции, ведется реестр субъектов инновационной инфраструктуры в виде реестра высокотехнологичных производств и организаций.

Однако анализ сложившейся ситуации по реализации результатов научных разработок в производстве свидетельствует о существующей проблеме продвижения технологических инноваций для внедрения в производство. Темпы развития и потенциал существующей государственной системы научно-технической информации не позволяет в полной мере удовлетворять растущий спрос и расширяющийся спектр информационных потребностей пользователей из среды инновационной инфраструктуры и производственной сферы.

В современных условиях развития цифровизации коммерческих инновационных разработок ведение реестра учета НИОКР и полученных от их реализации научной продукции уже недостаточно для оперативного информирования заинтересованных и обеспечения внедрения в производство. Созданная информационная система государственного статистического мониторинга в значительной степени работает «под себя», т.е. выполняя функцию регистрации завершенных разработок, не обеспечивая широкий доступ заинтересованных к технологическим инновациям – технологическим новым продуктам и процессам, а также значительным технологическим усовершенствованиям в продуктах и процессах.

В условиях, когда развитие информационного общества является одним из национальных приоритетов, необходимы новые подходы и инструменты для продвижения инновационной продукции на рынки сбыта. Для функционирования инновационной структуры обязательным является цифровизация инновационной деятельности для скорейшего продвижения на рынок. Существующая в настоящее время информационная база новых разработок фактически выдает пользователям «информационное сырье». На основе современных информационно-коммуникационных технологий необходимо создать государ-

ственный информационный ресурс, способствующий продвижению инноваций в производство, обеспечивающий широкое информационное взаимодействие разработчиков с потенциальными потребителями [1, 2].

Создание информационного ресурса коммерческих инновационных разработок целесообразно осуществлять на основе формирования электронных регистров инноваций по определенным направлениям производственной деятельности, например, агротехнологиям. Регистры должны представлять собой свод инновационных технологий, зарегистрированных в определенном порядке с учетом их производственной проверки и сертификации, создаваться на принципах публичности порядка, процедур их формирования и ведения, а также открытости доступа. Применение данных регистров будет содействовать формированию и развитию рынков инновационных продуктов, производимых на территории Республики Беларусь. Цели создаваемых регистров будут достигаться путем создания благоприятных условий для участия максимально широкого круга разработчиков, производителей и потребителей инновационной продукции в сфере науки и производства, представителям научного и бизнес-сообществ в формировании и обновлении информационных регистров и в открытой общественной оценке инноваций [3, 4].

При формировании и ведении регистров должно обеспечиваться постоянно взаимодействие участников регистра (заявителей) и заинтересованных органов государственной власти в целях выявления барьеров, препятствующих внедрению инновационных разработок, включаемых в регистр.

Функционирование информационного ресурса должно регламентироваться соответствующим положением, предусматривающим экспертизу подаваемых заявок и общественное обсуждение заинтересованными пользователями.

Широкие перспективы продвижения инноваций в производство с использованием информационных технологий открываются с развитием международных связей Республики Беларусь и России.

Список использованных источников

1. Сырокваш, Н. А. Концепция формирования государственного информационного ресурса для продвижения технологических инноваций в производство / Н. А. Сырокваш, О. Л. Сапун, А. А. Шупилов // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Минск : БГАТУ, 2016. – С. 542 – 545.

2. Сырокваш, Н. А. Концепция формирования межгосударственного информационного ресурса для продвижения технологических инноваций / Н. А. Сырокваш, О. Л. Сапун, А. А. Шупилов // Инновационные решения проблем экономики знаний Беларуси и Казахстана : сб. материалов науч.-практ. конф. – Минск : БНТУ, 2016. – С. 238–239.

3. Сырокваш, Н. А. Функциональное назначение межгосударственного информационного ресурса для эффективного функционирования предприятий / Н. А. Сырокваш, О. Л. Сапун, А. А. Шупилов // Управление социально-экономическими системами : Междунар. научно-практ. конф. – Вологда : Вологодский государственный университет. – С. 413 – 415.

4. Сырокваш, Н. А. Информационно-коммуникационное обеспечение коммерциализации инновационных разработок / Н. А. Сырокваш, О. Л. Сапун, А. А. Шупилов // Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК : сб. науч. ст. 9-й междунар. науч.-практ. конф. – Минск : БГАТУ, 2017. – С. 307 – 310.

References

1. Syrokvash, N. A. The concept of the formation of a state information resource for promoting technological innovation in production / N. A. Syrokvash, O. L. Sapun, A. A. Shupilov // Technical support of innovative technologies in agriculture : materials of an international scientific and practical conference. – Minsk : BSTU, 2016. – P. 542 – 545.

2. Syrokvash, N. A. The concept of the formation of an interstate information resource for promoting technological innovation / N. A. Syrokvash, O. L. Sapun, A. A. Shupilov // Innovative solutions to the problems of the knowledge economy of Belarus and Kazakhstan : collection of materials of a scientific and practical conference. – Minsk : BNTU, 2016. – P. 238–239.

3. Syrokvash, N. A. The functional purpose of the interstate information resource for the effective functioning of enterprises / N. A. Syrokvash, O. L. Sapun, A. A. Shupilov // Management of socio-economic systems : Int. scientific-practical conference. – Vologda : Vologda State University. – P. 413 – 415.

4. Syrokvash, N. A. Information and communication support for the commercialization of innovative developments / N. A. Syrokvash, O. L. Sapun, A. A. Shupilov // Formation of the organizational and economic conditions for the effective functioning of the agro-industrial complex : collection of scientific articles of the 9th int. scientific and practical conf. – Minsk : BSTU, 2017. – P. 307 – 310.

УДК 621.391

В. В. Никулина, А. В. Русанов, И. А. Сафонов
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
Воронеж, Россия;
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет», Воронеж, Россия,
e-mail: viktorica08@gmail.com, ralval@mail.ru, saff@inbox.ru)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ DMR-РАДИО ПРИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. Рассмотрены возможности применения технологии DMR-радио в инфокоммуникационных системах для цифровой трансформации агропромышленного комплекса (АПК), рассмотрены основные достоинства и недостатки данной технологии. Проведено имитационное моделирование и стендовое исследование информационного тракта.

Ключевые слова: Цифровая экономика, цифровая трансформация, DMR-радио, мониторинг объектов.

V. V. Nikulina, A. V. Rusanov, I. A. Safonov
(Voronezh State University, Voronezh, Russia;
Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia)

PERSPECTIVE FOR THE APPLICATION OF DMR RADIO TECHNOLOGY IN THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE AGRICULTURAL SECTOR

Abstract. The possibilities of using DMR-radio technology in infocommunication systems for digital transformation of the agroindustrial complex are considered, the main advantages and disadvantages of this technology are considered.

Keywords: digital economy, digital transformation, DMR-radio, object monitoring.

Одним из трендов современного технологического уклада является всеобъемлющая цифровая трансформация как экономики в целом так и агропромышленного комплекса (АПК) в частности. На государственном уровне принят федеральный проект «Цифровые технологии», утвержденный решением президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности (пункт 2 раздела II протокола заседания от 13 февраля 2019 г. № 2), в рамках реализации Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной пре-

зидиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16), основанный на Федеральном законе от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации»; Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»; Стратегия национальной безопасности Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 31 декабря 2015 г. № 683; Государственная программа Российской Федерации «Информационное общество», утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 313; Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7; паспорт федерального проекта «Цифровые технологии», утвержденный протоколом заседания президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности от 28 мая 2019 г. № 9; постановление Правительства Российской Федерации от 2 марта 2019 г. № 234 «О системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»; Стратегия развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014 – 2020 годы и на перспективу до 2025 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 1 ноября 2013 г. № 2036-р; Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденный Председателем Правительства Российской Федерации 3 января 2014 г. № ДМ-П8-5; приказ Минкомсвязи России от 18 апреля 2019 г. № 156 «О внесении изменений в приказ Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 20.09.2018 № 486 «Об утверждении методических рекомендаций по переходу государственных компаний на преимущественное использование отечественного программного обеспечения, в том числе отечественного офисного программного обеспечения».

Таким образом, создана нормативно-правовая и законодательная база для цифровой трансформации АПК, однако, руководствуясь разработкой «Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием» а также основываясь на работах [1, 2] следует отметить, что проблем в настоящее время больше, чем успешных решений. Сам процесс цифровой трансформации схематично можно представить в виде диаграмм (рис. 1).

Рис. 1. Цифровая трансформация

В основе трансформации лежит общегосударственная стратегия, законодательная и нормативно-правовая база. Согласно представленным выше документам в РФ стратегия сформирована, т.е. этот этап пройден. Имея стратегию, можно приступать к планированию самой трансформации как одной из отрасли экономики, так и на отдельно взятом предприятии, безусловно, как отмечено в [3] это требует переосмысления всех бизнес-процессов и кардинальную их перестройку. Основываясь на разработке «Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием» можно заключить, что предприятия АПК и экономика в целом готова и к этому этапу. Ряд предприятий, например, РВК, РЖД, «Росатом», «Концерн Росэнергоатом», «Россети», ФСК ЕЭС, «ГРЦ Макеева, «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева» и «Зарубежнефть» утвердили в 2019 г. Стратегии цифровой трансформации и приступили к планированию мероприятий по их реализации. Следующий этап – создание платформ, а именно создание цифровой среды, внедрение цифровых технологий и платформенных решений в основных структурных подразделениях компании АПК, формирование сервисов по определению потребности клиентов и поставщиков компании и выстраивание каналов цифрового взаимодействия с ними; обеспечение автоматизации бизнес-процессов; подготовка предложений по созданию продуктов и услуг, обладающих новыми потребительскими свойствами, основанными на внедрении цифровых технологий, обеспечение снижения издержек при производстве продукции («Эффект» на рис. 1) в настоящее время в стадии зарож-

дения. При этом существенную роль, как отмечено в [4], играет инфокоммуникационая среда. Острой проблемой, выходящей за рамки данной статьи, является вопрос подготовки кадров для цифровой экономики.

Целью настоящей статьи является рассмотрение возможности применения современных телекоммуникационных стандартов DMR радио при цифровой трансформации агропромышленного комплекса.

Стандарт DMR (Digital Mobile Radio) – ETSI TS 102 361 был разработан Европейским институтом телекоммуникационных стандартов (ETSI) как единый общеевропейский стандарт цифровой радиосвязи. Он позиционируется как открытый стандарт, т.е. предполагается, что оборудование различных производителей будет совместимо и регламентируется «General System Design – ETSI TR 102 398 V1.4.1 (2018-11)», «Part 1: DMR Air Interface (AI) protocol – ETSI TS 102 361-1 V2.5.1 (2017-10)», «Part 2: DMR voice and generic services – ETSI TS 102 361-2 V2.4.1 (2017-10)», «Part 3: DMR data protocol – ETSI TS 102 361-3 V1.3.1 (2017-10)», «Part 4: DMR trunking protocol – ETSI TS 102 361-4 V1.10.1 (2019-08)». В первой части этого стандарта подробно описывается работа радиоинтерфейса, во второй части рассмотрены голосовые и базовые функциональные особенности стандарта, в третьей части описываются протоколы передачи пакетных данных, четвертая – протоколы тракинговой связи.

Tier 1 обеспечивает связь в нелицензируемом диапазоне. Для РФ – это диапазон 433…434 МГц (LPD) с низкой выходной мощностью – 0,5Вт, и PMR (446 Мгц) на 8 каналов, также с низкой мощностью до 0,1В.

Tier 2 включает в себя возможность построения профессиональной конвенциональной системы связи в диапазоне 136…174 либо 403…512 Мгц, т.е. в лицензируемом диапазоне частот. При построении системы Tier 2 возможен расширенный функционал передачи голоса и данных, увеличение зоны покрытия за счет ретрансляторов, связанных по IP-сети или LAN. В данном стандарте можно построить как односайтовую, так и многосайтовую систему связи в режиме «псевдотранкинг», т.е. без контрольного канала и без базы данных абонентов. В мире есть два крупных игрока стандарта DMR Tier2 – компания Motorola (США), Hytera (Китай). К сожалению, в настоящее время оборудование данных производителей несовместимо при использовании в многосайтовых системах.

Tier 3 – стандарт для построения профессиональной системы связи – работает в лицензируемом диапазоне 136…174 либо 403…512 Мгц. Как и предыдущие, Tier III описывает двухслотовый режим TDMA в одном радиоканале шириной 12,5 кГц. Основное отличие Tier 3 от Tier 2 – возможность строить полноценные транкинговые радиосисте-

мы с использованием контрольных каналов и базы данных абонентов. Оборудование DMR Tier3 позволяет создавать радиосети национальных масштабов. Основные производители – компания Motorola (США), Hytera (Китай). В данном стандарте оборудование производителей совместимо лишь частично.

Основными потребителями инфокоммуникационных систем, развернутых на основе технологии DMR, являются предприятия АПК нижнего и среднего эшелона экономики, где востребованность в средствах профессиональной радиосвязи крайне велика. Применение решений стандарта DMR в АПК позволит:

– увеличить управляемость в организации (на предприятии);

– повысить безопасность технологического процесса предприятия;

– улучшить качество связи и разборчивость речи в индустриальной помеховой обстановке;

– увеличить пропускную способность системы профессиональной радиосвязи и, как следствие, – повысить экономическую эффективность в целом.

Заложенный в рамках стандарта DMR функционал позволяет реализовать широкий набор решений, в том числе:

– передачу пакетных данных (пропускная способность канала до 2 кбит/с);

– передачу телеметрии;

– передачу текстовых сообщений;

– приложения по контролю местоположения.

В качестве примера рассмотрим решения, аналогичные [5 – 7], применявшиеся для мониторинга 2g – 5g сотовых сетей в АПК. Используемые технические средства: SDR платформа фирмы Foxwey (основанная на чипах Realtek RTL2832U и Rafael micro R820T2) и DMR радио DM-9HX 2020 Dual Band Tier 2 II DMR фирмы Baofeng (рис. 2).

Рис. 2. Технические средства

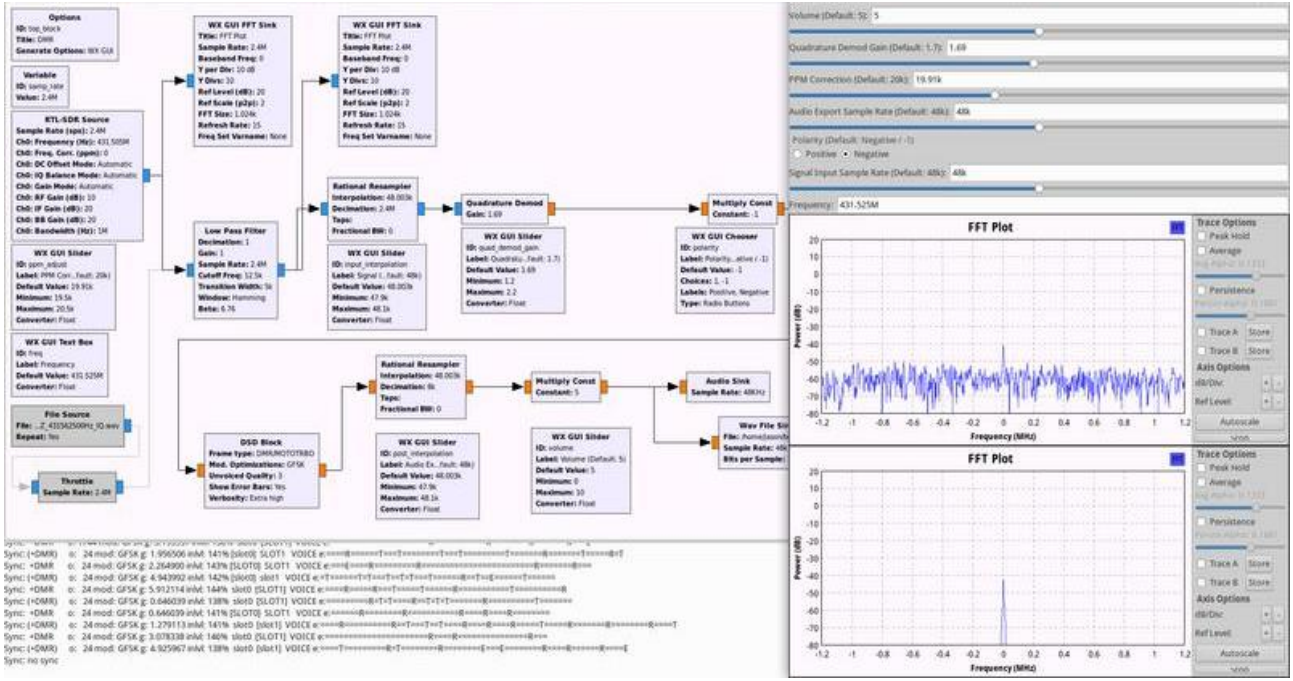


Рис. 3. Потоковый граф и результаты моделирования

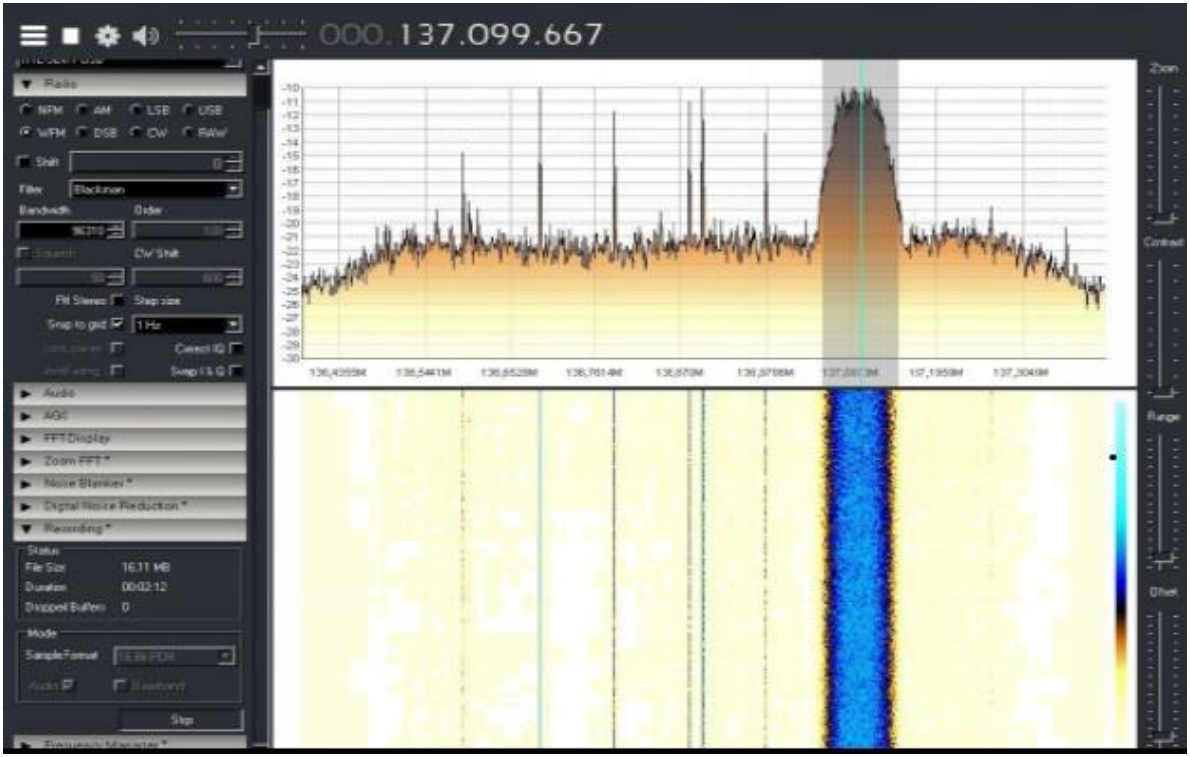


Рис. 4. Спектрограмма

Платформа SDR радио позволяет реализовывать протоколы, задаваемые пользователем. В данном случае с помощью визуальной среды GNU Radio Companion был создан потоковый граф (в терминах программы) протоколов DMR радио (рис. 3). Так же было проведено имитационное моделирование приемно-передающего тракта с классической моделью канала AWG. К сожалению, ограничения аппаратной платформы позволяют реализовать только приемную часть.

В качестве передатчика была использована DMR радиостанция, в не лицензируемом диапазоне и с минимально возможной мощностью. Возможности SDR платформы позволяют анализировать спектрограммы (рис. 4).

На основании проведенного анализа и представленных результатов исследования можно заключить, что применение DMR-радио при цифровой трансформации агропромышленного комплекса целесообразно, так как с одной стороны является открытым международным стандартом, поддерживаемым как отечественными, так и зарубежными производителями, а с другой стороны – технические характеристики потенциально могут дать необходимый экономический эффект, ожидаемый от внедрения инфокоммуникационных систем. Однако, к сожалению, есть ряд несовместимостей у разных производителей, которые возможно будут исправлены в развитии стандарта.

Список использованных источников

1. Прусова, В. И. Цифровая трансформация Российской экономики: проблемы и перспективы / В. И. Прусова, В. В. Безновская, А. В. Аносова // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2019. – № 4-3. – С. 124 – 129. DOI: 10.24411/2411-0450-2019-10587

2. Digital transformation in agriculture / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova, T. N. Barmina // Agrarian-And-Food Innovations. – 2019. – № 5. – P. 28 – 35. DOI: 10.31208/2618-7353-2019-5-28-35.

3. Olifirov, A. V. Transformation of Business Models in the Digital Economy / A. V. Olifirov, K. A. Makoveichuk, S. A. Petrenko // International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – V. 7, № 4. – ISSN: 2307-8162

4. Стародубов, Д. О. Роль инфокоммуникаций в переходе к цифровой экономике / Д. О. Стародубов, В. В. Макаров, Т. А. Блатова // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2020. – V. 3-2(42).

5. Бойко, О. В. Цифровая система мониторинга 2G-5G сотовых сетей в агропромышленном комплексе / О. В. Бойко, Д. В. Журавлев,

И. А. Сафонов // Цифровизация агропромышленного комплекса : сб. науч. ст. – 2018. – С. 34 – 37.

6. Бойко, О. В. Система мониторинга подвижной радиосвязи 2G-4G сетей / О. В. Бойко, Д. В. Журавлев, И. А. Сафонов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2018. – Т. 14. № 4. – С. 117 – 121.

7. Бойко, О. В. Исследование возможности построения системы мониторинга 2G-5G сетей на основе коммерческой SDR платформы / О. В. Бойко, Д. В. Журавлев, И. А. Сафонов // Радиолокация, навигация, связь : сб. тр. XXIV междунар. науч.-техн. конф. – 2018. – Т 5. – С. 37 – 44.

References

1. Prusova, V. I. Digital transformation of the russian economy: problems and prospects / V. I. Prusova, V. V. Beznovskaya, A. V. Anosova // Journal of Economy and Business. – 2019. – V. 4-3. – P. 124 – 129. DOI: 10.24411/2411-0450-2019-10587

2. Digital transformation in agriculture / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova, T. N. Barmina // Agrarian-And-Food Innovations. – 2019. – № 5. – P. 28 – 35. DOI: 10.31208/2618-7353-2019-5-28-35.

3. Olifirov, A. V. Transformation of Business Models in the Digital Economy / A. V. Olifirov, K. A. Makoveichuk, S. A. Petrenko // International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – V. 7, № 4. – ISSN: 2307-8162

4. Starodubov, D. O. The role of infocommunications in the transition to a digital economy / D. O. Starodubov, V. V. Makarov, T. A. Blatova // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2020. – V. 3-2(42).

5. Boyko1, O. V. Digital monitoring system 2G-5G cellular networks in the agro-industrial complex / O. V. Boyko1, D. V. Zhuravlev, I. A. Safonov // Digitalization of the agro-industrial complex : collection of Scientific Articles. – 2018. – P. 34 – 37.

6. Boyko1, O. V. Monitoring system of mobile radio communication 2G-4G networks / O. V. Boyko1, D. V. Zhuravlev, I. A. Safonov // Bulletin of the Voronezh State Technical University. – Voronezh, 2018. – V. 14, № 4. – P. 117 – 121.

7. Boyko1, O. V. Researching opportunity designed 2G-5G networks monitoring system based on commercial SDR platform / O. V. Boyko1, D. V. Zhuravlev, I. A. Safonov// Radar, navigation, communications : XXIV International Scientific and Technical Conference. – Voronezh, 2018. – V. 5. – P. 34 – 44.

УДК 629.331.083:004

Н. Г. Серебрякова, И. А. Серебряков, Д. Н. Коваль, И. Ю. Русецкий, А. А. Узваров
(УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», кафедра моделирования и проектирования, Минск, Республика Беларусь, e-mail: bsatu.silver@gmail.com; «Белорусский национальный технический университет», Минск, Республика Беларусь; Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника», Минск, Республика Беларусь)

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СЕРВИСНОЙ ПРОГРАММЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. Рассмотрена методология системы сервисного обслуживания автотранспортных средств на основе создания технологической документации для новых моделей в электронном виде с использованием модульного подхода.

Ключевые слова: модульный подход, компьютерная система документации, база данных технической документации.

N. G. Serebryakova, I. A. Serebryakov, D. N. Koval, I. Yu. Ruseckij, A. A. Uzvarov
(Belarusian State Agrarian Technical University, Department of Modeling and Design, Minsk, Republic of Belarus; Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus; Belarusian Research Institute of Transport “Transtekhnika”, Minsk, Republic of Belarus)

METHODOLOGY FOR DESIGNING AN ELECTRONIC SERVICE PROGRAM FOR VEHICLE MAINTENANCE AND REPAIR

Abstract. The methodology of the vehicle service system based on the creation of technological documentation for new models in electronic form using a modular approach is considered.

Keywords: modular approach, computer documentation system, database of technical documentation.

Введение. Целью исследования является оптимизация сервисного обслуживания автотранспортных средств путем создания технологической документации в электронном виде.

Материалы и методы исследования. При разработке программы за основу была принята каскадная модель – модель процесса разработки программного обеспечения, в которой процесс разработки выглядит как поток, последовательно проходящий фазы анализа требований, проектирования, реализации, тестирования, интеграции и поддержки.

Результаты исследований и их обсуждение. Следуя каскадной модели, разработчик переходит от одной стадии к другой строго последовательно. Сначала полностью завершается этап «определение требований», в результате чего получается список требований к ПО. После того как требования полностью определены, происходит переход к проектированию, в ходе которого создаются документы, подробно описывающие для программистов способ и план реализации указанных требований. После того, как проектирование полностью выполнено, программистами выполняется реализация полученного проекта. На следующей стадии процесса происходит интеграция отдельных компонентов, разрабатываемых различными командами программистов. После того, как реализация и интеграция завершены, производится тестирование и отладка продукта; на этой стадии устраняются все недочеты, появившиеся на предыдущих стадиях разработки. После этого программный продукт внедряется и обеспечивается его поддержка – внесение новой функциональности и устранение ошибок.

Тем самым, каскадная модель подразумевает, что переход от одной фазы разработки к другой происходит только после полного и успешного завершения предыдущей фазы, и что переходов назад либо вперед или перекрытия фаз – не происходит.

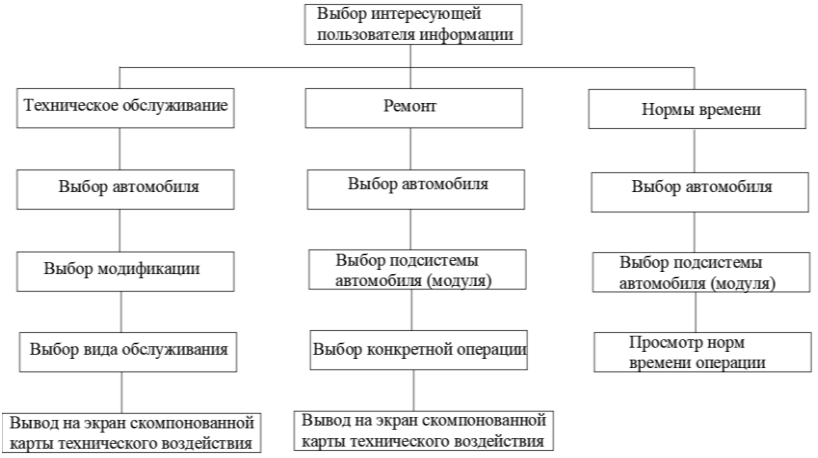


Рис. 1. Блок-схема алгоритма программы

Построение структуры программы. Для пользователя структура программы будет выглядеть в виде схемы, представленной на рис. 1. Структура реализована таким образом, чтобы поиск и вывод нужной информации осуществлялся быстро и понятно.

Включение данных. В программу внесены данные по двум автомобилям МАЗ. Удобство ввода позволяет добавлять все новые и новые автомобили.

Планируется разместить данные программы на сервере и постоянно обновлять их. Также это позволит продавать подписку как дилерским станциям, так и другим организациям, занимающим ТО и ремонтом автомобилей.

Файловая структура сервера продемонстрирована на рис. 2.

Исходный код страницы разрабатывался и совершенствовался с помощью приложения NotePad++. Это мощное средство редактирования. Основные особенности программы:

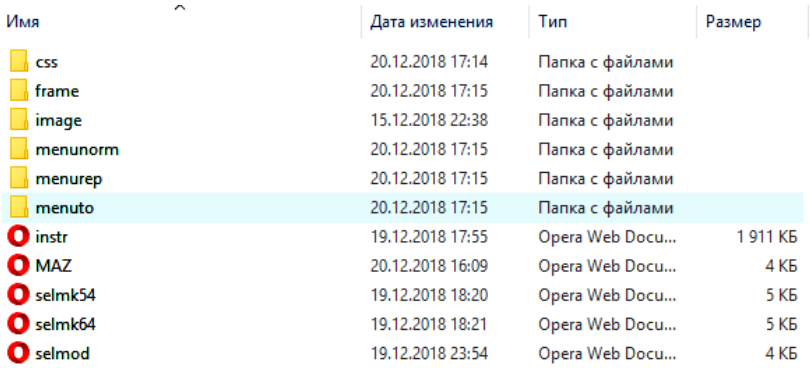
– Подсветка текста и возможность сворачивания блоков, согласно синтаксису языка программирования.

– Поддержка большого количества языков (C, C++, Java, XML, HTML, PHP, Java Script, ASCII, VB/VBS, SQL, CSS, Pascal, Perl, Python, Lua, TCL, Assembler).

– Настраиваемый пользователем режим подсветки синтаксиса.

Окно редактирования представлено на рис. 3.

Для удобства редактирования помимо текстового написания вебстраницы был использован консольный режим браузера Opera. Он позволяет видеть привязку графических элементов и выделяет указывающие на них строки кода.



Имя	Дата изменения	Тип	Размер
css	20.12.2018 17:14	Папка с файлами	
frame	20.12.2018 17:15	Папка с файлами	
image	15.12.2018 22:38	Папка с файлами	
menunorm	20.12.2018 17:15	Папка с файлами	
menurep	20.12.2018 17:15	Папка с файлами	
menuto	20.12.2018 17:15	Папка с файлами	
instr	19.12.2018 17:55	Opera Web Docu...	1 911 КБ
MAZ	20.12.2018 16:09	Opera Web Docu...	4 КБ
selmk54	19.12.2018 18:20	Opera Web Docu...	5 КБ
selmk64	19.12.2018 18:21	Opera Web Docu...	5 КБ
selmod	19.12.2018 23:54	Opera Web Docu...	4 КБ

Рис. 2. Файловая структура сервера

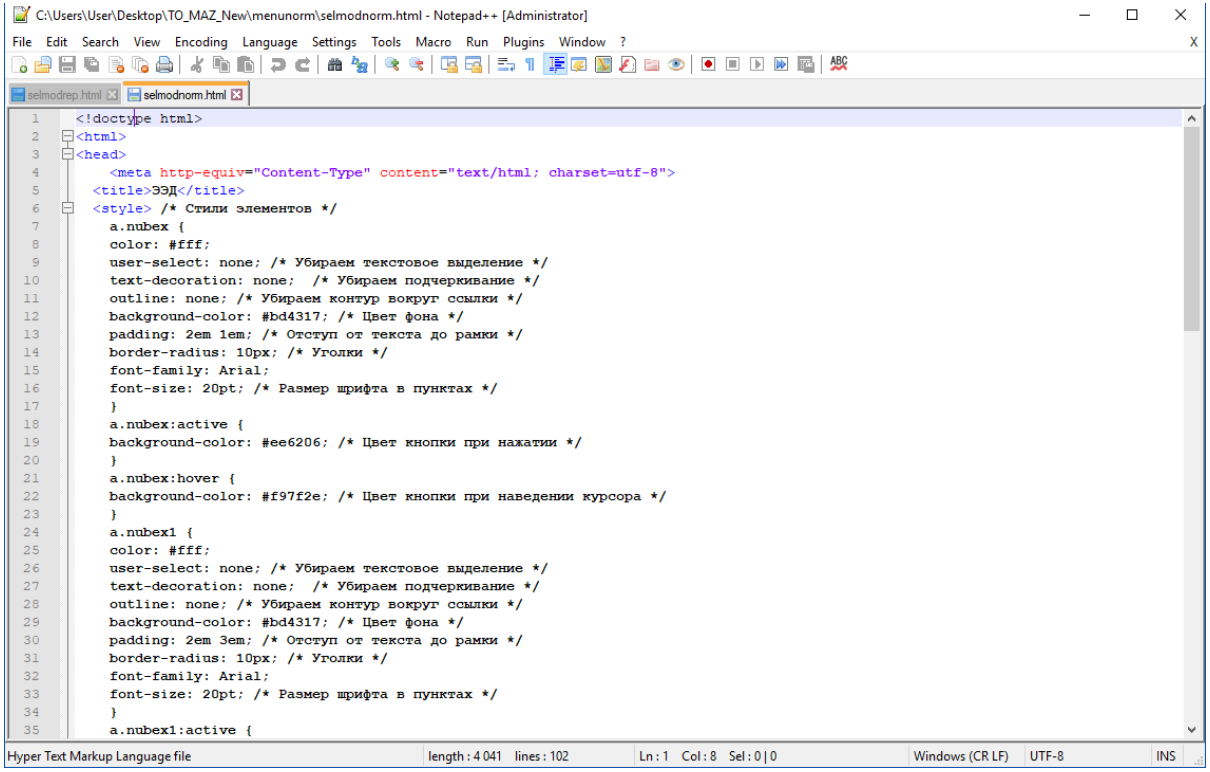


Рис. 3. Редактирование исходного кода страницы в программе NotePad++

Выводы. По результатам анализа разработана программа на базе SQL в виде html-документа, рассмотрена пользовательская часть программы и описана ее работа.

Список использованных источников

1. Серебряков, И. А. Разработка технологической документации по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей с использованием модульного подхода / А. С. Гурский, Д. Н. Коваль, И. А. Серебряков // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21 – 23 нояб. 2018 г. – Минск : БГАТУ, 2018. – С. 555 – 559.

2. Гурский, А. С. Метод диагностирования коробок передач DSG / А. С. Гурский, И. А. Серебряков // Изобретатель. – 2016. – № 10(202). – С. 43 – 45.

References

1. Serebryakov, I. A. Development of technological documentation for car maintenance and repair using a modular approach / A. S. Gursky, D. N. Koval, I. A. Serebryakov // Technical support of innovative technologies in agriculture : collection of articles on the materials of the International scientific and practical conference, Minsk, 21 – 23 November 2018. – Minsk : BSATU, 2018. – P. 555 – 559.

2. Gursky, A. S. Method of diagnosing DSG transmissions / A. S. Gursky, I. A. Serebryakov // Inventor. – 2016. – № 10 (202). – P. 43 – 45.

УДК 338.43:336.6

И. И. Станкевич

(УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», кафедра информационных технологий и моделирования экономических процессов, Минск, Республика Беларусь, e-mail: irinastal@tut.by)

РЕЙТИНГИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Аннотация. Проведен обзор рейтинговых агентств, рассмотрены виды рейтингов и возможности создания рейтингового агентства в Республике Беларусь.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, предприятие, рейтинг, рейтинговое агентство, субъект хозяйствования.

I. I. Stankevich
(Belarusian State Agrarian Technical University,
Department of Information Technologies and Modeling
of Economic Processes, Minsk, Republic of Belarus)

RATINGS AND POSSIBILITIES OF THEIR USE IN THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX

Abstract. The review of rating agencies is carried out, the types of ratings and the possibilities of creating a rating agency in the Republic of Belarus are considered.

Keywords: agro-industrial complex, enterprise, rating, rating agency.

Оценки производственных и перерабатывающих предприятий, входящих в состав агропромышленного комплекса, зависят как от масштабов и сбалансированности их производственного процесса, так и от воздействия на них внешней среды, представленной контрагентами, конкурентами и партнерами, конъюнктурой экономики и других факторов. Для принятия решения недостаточно внутренних оценок, часто необходима оценка независимых экспертов. Данную роль в обществе играет система рейтингов.

Виды и предназначения рейтингов зависят как от самих хозяйствующих субъектов, так и от групп потенциальных потребителей [2]. В развитых странах рейтинговые агентства (РА) выполняют роль независимого эксперта, помогающего принимать решения, выстраивая систему рейтингов самых разнообразных экономических субъектов, а также рейтинговое пространство, структурированное по предметно-отраслевому и региональному признаку [3].

Главной целью официальных рейтингов является представление инвесторам информации, на основании которой они могут формировать свою инвестиционную политику. Рейтинг позволяет определять место предприятия среди конкурентов, т.е. присвоить определенный ранг (значимость) среди других субъектов хозяйствования и позволяет принять объективное решение на основании полученных результатов. Рейтинговое агентство как институт является одним из элементов инфраструктуры рынка. С точки зрения теории основной задачей РА является устранение информационной асимметрии между эмитентами и инвесторами за счет использования преимуществ специализации. Даже если опубликованная информация об эмитентах и ценных бумагах полна и точна, то далеко не все инвесторы обладают способностью или возможностью эту информацию собрать, проанализировать и сделать выводы о степени возможности тех или иных инвестиций на ее основе.

Начиная примерно с 20-х гг. XX века, ведущие информационные конгломераты США стали предоставлять своим подписчикам еще одну услугу, присваивая сформированные по определенной системе оценки (рейтинги) ценным бумагам, прежде всего облигациям железнодорожных предприятий. Так зарождался бизнес ведущих американских РА Moody's Investors Services и Standard & Poor's. Поскольку инвесторов, нуждающихся в независимом анализе кредитного риска долговых ценных бумаг, уже в то время было много, новая услуга пользовалась огромным спросом, который с течением времени лишь возрос. Кроме международных рейтингов, во многих странах работают национальные агентства, которые присваивают рейтинги для «внутреннего пользования». В таких рейтингах обычно заинтересованы либо иностранные структуры, стремящиеся обеспечить себе комфортный доступ на местный финансовый рынок, либо местные заемщики из числа мелких или средних предприятий, для которых нет необходимости в получении международного рейтинга или эта процедура излишне обременительна и/или дорога. В целом практика местных агентств мало чем отличается от международной, но большая приближенность к месту событий дает национальным РА преимущества в адекватности и скорости реакции на происходящее. Кроме того, в странах, рейтинг которых по международным стандартам относительно невысок, использование локальной шкалы рейтингов для местных предприятий позволяет добиться гораздо большей дифференциации в оценке их кредитоспособности. Определенный импульс рейтинговому бизнесу был придан в результате введения единой европейской валюты. В 1999 году в Германии было намечено создание европейского РА, но только в 2002 г. была основана компания «Scope Analysis», которая приобрела 2012 г. компанию «PSR Ratings», а в 2016 г. – «FERI EuroRating Services AG» и в результате было создано европейское РА «Scope Group». В Российской Федерации в ответ на снижение позиции рейтинга международными РА в конце 2015 г. было учреждено национальное РА «АКРА».

В Республике Беларусь на текущий момент рейтинги не нашли широкого распространения, что связано со слабым развитием рынка подобных услуг, недостаточной открытостью предприятий и отсутствием полноценной информации о деятельности РА. Но ведется работа по включению нашей страны в различные мировые рейтинги, а так же повышению занятых позиций в рейтингах: глобальной конкурентоспособности Всемирного экономического форума, развития человеческого потенциала ООН, экономической свободы фонда «Наследие» и газеты «Уолл-стрит Джорнел», ведения бизнеса, индекса логистики Всемирного банка и др. Так в августе 2009 г. было принято решение о

создании национальных РА на заседании межведомственной комиссии по развитию финансового рынка и согласно [1] введено в действие положение «О порядке организации и осуществления рейтинговой деятельности» с 1 января 2020 г.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что в настоящее время разработано немало методик рейтинговой оценки субъектов хозяйствования. Они различаются целями, списком начальных параметров и показателей, степенью применения автоматизированных баз данных, алгоритмами получения стандартизированных показателей, свертки критериев и расчета рейтинговой оценки, возможностью использования в динамике [2, 3].

С учетом вышеизложенного, создание РА в Республике Беларусь возможно реализовать на базе УП «ГИВЦ Минсельхозпрода», одного из старейших организаций АПК Республики Беларусь, работающих в сфере компьютерных и информационных технологий. Предметом его деятельности является создание, внедрение и сопровождение автоматизированных информационных систем для аппарата управления Минсельхозпрода и для всего АПК. На предприятии разработаны ПК «Бухстат» и «ВЭД» для контроля за финансовым положением и платежеспособностью государственных и других организаций с долей государства в уставном фонде, отслеживанию выполнения прогнозных показателей, анализа результатов работы валообразующих организаций, анализа и контроля использования импортных сырья, материалов, покупных изделий и топлива на производство продукции (работ, услуг) и ряда другой аналитической работы. Базы данных постоянно пополняются новой статистической и ведомственной информацией. Данные, загруженные в базу данных, являются исходной информацией для разработки задач анализа, отражающих производственно-экономические и финансовые показатели работы предприятий. Встроенный аналитический инструмент предоставляет возможность генерировать новые отчетные документы и вносить изменения в ранее созданные, что обеспечивает поддержание системы в актуальном состоянии в связи с изменениями форм о статистической и ведомственной отчетности. Технология эксплуатации обеспечивает формирование аналитических форм и справок по отдельным показателям отчетов за один или несколько отчетных периодов. Для проведения анализа и получения справок предусмотрено создание библиотек запросов по формированию аналитических форм или отдельных аналитических показателей как личных, так и общего пользования, содержащих собственные и традиционные методики анализа финансовой и производственно-экономической деятельности. А для развития практикоориентированного обучения студентов предлагается создание студенческого рейтингового бюро на базе УО «БГАТУ».

Список использованных источников

1. Об организации и осуществлении рейтинговой деятельности : Постановление Правления Национального банка Республики Беларусь 12.08.2019 г. № 325 [Электронный ресурс] – URL : http://www.pravo.by/upload /docs /op/ B21934597_1568667600.pdf (дата доступа: 25.08.2019).
2. Станкевич, И. И. Рейтинговая оценка финансового состояния молокоперерабатывающих предприятий / И. И. Станкевич, Б. А. Железко // Экономика и управление. – 2009. – № 1(17). – С. 105 – 112.
3. Станкевич, И. И. Методика рейтинговой оценки устойчивого развития молокоперерабатывающего предприятия / И. И. Станкевич // Агропанорама. – 2016. – № 1(113). – С. 42 – 46.

References

1. On the organization and implementation of rating activities : Resolution of the Board of the National Bank of the Republic of Belarus № 325 [Electronic resource]. – URL : http://www.pravo.by/upload/docs/op/B21934597_1568667600. pdf (access date: 25.08.2019).
2. Stankevich, I. I. Rating assessment of the financial condition of milk processing enterprises / I. I. Stankevich, B. A. Zhelezko // Economics and management. – 2009. – № 1(17). – P. 105 – 112.
3. Stankevich, I. I. Methodology of rating assessment of sustainable development of the dairy processing enterprise / I. I. Stankevich // Agropanorama. – 2016. – № 1(113). – P. 42 – 46.

УДК 331.5

Т. А. Тетеринец
(УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь, e-mail: talad79@mail.ru)

УПРАВЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация. Рассмотрены теоретические аспекты управления человеческим капиталом на глобальном уровне. Представлены методологические подходы к оценке уровня развития человеческого капитала в разрезе стран и дана их оценка. Выявлены основные направления на рынке труда в контексте глобального технологического развития.

Ключевые слова: человеческий капитал, индекс человеческого развития, занятость населения, рынок труда, инвестирование.

T. A. Teterinets
(Belarusian State Agrarian Technical University,
Minsk, Republic of Belarus)

HUMAN CAPITAL MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION OF ECONOMIC SYSTEMS

Abstract. The theoretical aspects of human capital management at a global level are considered. Methodological approaches to assessing the level of development of human capital in the context of countries are presented and their assessment is given. The main directions in the labor market in the context of global technological development are identified.

Keywords: human capital, human development index, population employment, labor market, investment.

Глобализация мировой экономики, способствующая оживлению свободного перелива любых форм капитала, активизирующая рост международной конкуренции и развитие высоких технологий, предопределяет интенсивный путь развития тех стран, которые осуществляют опережающее инвестирование человеческого капитала, обеспечивают и финансируют его приток извне, формируют благоприятную социально-экономическую и институциональную среду жизни населения. На глобальном уровне человеческий капитал представляет собой сочетание опыта, образования, квалификации и компетенций, которые сконцентрированы в мировых человеческих ресурсах и нацелены на динамичное развитие мировой экономики. Восприятие трудовых ресурсов в качестве интеллектуальных активов, имеющих измеримую экономическую ценность, является неотъемлемой частью межстранового инновационного развития посредством интеллектуальной международной кооперации и интеграции.

Под «человеческим капиталом» в мировом контексте понимаются знания и навыки людей, которые позволяют им создавать материальные и нематериальные ценности в мировой экономической системе. Исходя из этого, человеческий капитал определяется не только формальным уровнем образования и полученными профессиональными навыками. Он динамически развивается с течением временен, как в сторону приращения знаний посредством постоянного их совершенствования, так и их потери ввиду отсутствия целенаправленных действий по их развитию. Согласно определению ОЭСР, «человеческий капитал – это знания, умения, навыки и способности, воплощенные в людях, которые позволяют им создавать личное, социальное и экономическое благосостояние» [1]. Одним из основных условий достижения устойчивого социально-экономического развития является накоп-

ление, сохранение и совершенствование производительных качеств человека, которые могут быть реализованы на макроуровне.

Обобщающая оценка уровня развития человеческого капитала на мировом уровне представлена в [2], в котором раскрываются новые критерии формирования трудовых ресурсов будущего. Основополагающим принципом отбора показателей является равенство возможностей каждого человека с целью развития своих способностей. Поэтому отобранные критерии позволяют отслеживать структурные изменения, обусловленные автоматизацией и перевооружением технологических процессов, и определяют успех в реализации Четвертой промышленной революции.

Определение Глобального индекса человеческого капитала основывается на анализе 130 стран в контексте уровня развития в них человеческого капитала по шкале от 0 до 100 с позиции от наихудшего к наилучшему результату. Оценка проводится по четырем тематическим направлениям: емкость, развертывание, развитие и ноу-хау в разрезе пяти возрастных групп: от 0 – 14 лет; 15– 24 лет; 25– 54 лет; 55 – 64 года; и 65 лет и старше с целью расширения охвата всего потенциала человеческого капитала в стране. Рассчитанный индекс может выступать инструментом оценки достигнутого прогресса в исследуемых странах и характеризует возможности получения образования и обмена опытом в разрезе рассматриваемых стран. В 2018 году соответствующий индекс составил в среднем 62% [2], что свидетельствует о том, что 38% потенциала человеческого капитала в среднем в мире не раскрыто или не используется (рис. 1). Согласно Глобальному

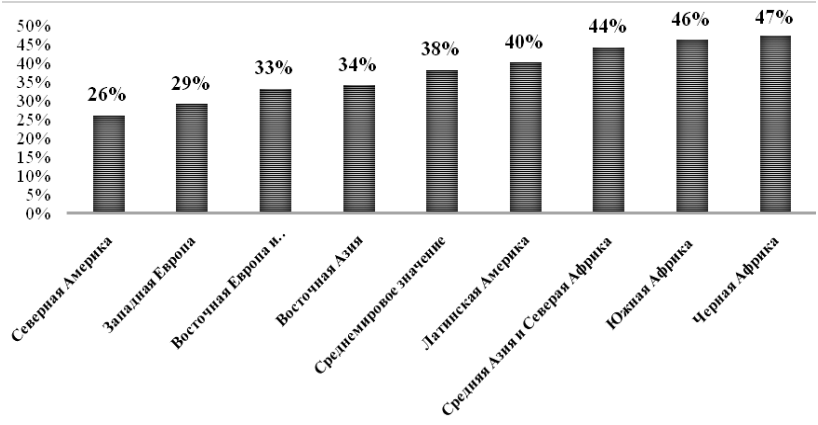


Рис. 1. Уровень недоиспользования человеческого капитала в разрезе регионов мира, % [2]

индексу, в мире насчитывается только 25 стран, которые эффективно используют 70 и более процентов своего человеческого капитала. Чуть менее 40% из числа рассматриваемых стран находятся в диапазоне от 60 до 70%. Для 41 страны характерно развитие человеческого капитала на уровне от 50 до 60% [2, 3]. Печальным является факт, что в 14 странах, что составляет чуть более 10% респондируемых государств, индекс человеческого капитала составляет менее 50%. Это говорит о том, что в современных условиях эти страны эффективности используют менее половины своего человеческого капитала.

По мере расширения уровня охвата, многомерность и многофакторность человеческого капитала существенно расширяется. Подтверждением тому являются данные, представленные на рисунке, согласно которым в мировом масштабе отмечается ярко выраженная континентальная дифференциация уровня использования человеческого капитала. Сопоставление уровня развития данных стран в совокупности с оценкой тенденций научно-технологического развития свидетельствует о наличии их тесной взаимосвязи. Это свидетельствует о том, что «человеческий капитал», фазы его роста и динамика изменения выступают локомотивом генерации инновационных волн циклов развития мировой экономики и общества. Степень и качество «человеческого капитала» на национальном уровне формируют верхний предел инновационного уровня экономики на макроуровне. Соответственно, обеспечение возможности достижения глобальной ступени инновационной конкурентоспособности и формирование экономики знаний может быть реализовано только в условиях последовательного прогрессивного развития и повышения качества «человеческого капитала» на индивидуальном, корпоративном, отраслевом (региональном) и национальном уровнях, повышения его творческой активности [4, 5].

Индекс человеческого развития (ИЧР) – обобщающий показатель, характеризующий итог стратегических достижений в разрезе таких показателей, как здоровье и продолжительность жизни населения, доступность образования и достойный уровень жизни. Первый из них рассчитывается исходя из прогнозируемой продолжительности жизни. Уровень накопленных знаний оценивается исходя из среднестатистической продолжительности обучения населения в возрасте от 25 лет и старше. Последний из перечисленных показателей определяется размером валового национального дохода в расчете на душу населения. С целью обеспечения возможности его межстранового сопоставления он рассчитывается в постоянных ценах с учетом паритета покупательной способности.

Значение Беларуси в рейтинге ИЧР по итогам 2018 г. составляет 0,817 или 50 место среди 189 стран, что свидетельствует о достаточно высоком уровне человеческого развития. За период 1995 – 2018 гг.

рентинг Беларуси по этому показателю увеличился с 0,656 до 0,817 или на 24,5%. Рост данного критерия был достигнут за счет увеличения ожидаемой продолжительности жизни на 3,9 года, средней продолжительности обучения на 3,8 года, валового национального дохода в расчете на душу на 103,8% [6].

Мировая практика доказала, что традиционные формы трудовых отношений уже не обладают достаточной гибкостью и маневренностью. Поэтому не в полной мере соответствуют требованиям современных тенденций социально-экономического развития, усиливающейся конкуренции на внутреннем и мировом рынках, сложившимся дисбалансам гендерного неравенства как на мировом, так и национальном уровнях. Развитие информационного сообщества существенно изменяет роль и место человека в экономике, обществе, сложившейся действительности. В этой связи, сложившиеся в традиционной экономической системе такие дефиниции, как «труд», «работа», «заработная плата», «свободное время», «мотив», «компетенции» и другие становятся довольно размытыми, пространственными и несколько относительными по сравнению с аналогичными в условиях индустриального, постиндустриального и ноосферного развития. Трансформация системы «экономика – экология – общество» приводит к тому, что меняется содержание труда, требования к человеку, методы организации и использования профессиональных качеств. На передний план выдвигается инновационная составляющая кадрового потенциала независимо от сферы деятельности индивида. Человек рассматривается не только как работник, но и как гражданин и полноправный член общества. Цифровизация всех сфер жизнедеятельности обуславливает изменения в организации труда, обучения, досуга людей. Ускоряющиеся темпы научно-технического прогресса и инновационной активности обуславливают наличие определенных требований не только к уровню образования и знаний, но и возможности их своевременной модернизации.

Эпоха последнего времени значительно изменила виды и способы занятости населения, масштабировала сферу охвата трудовыми отношениями различных видов деятельности, увеличила число их разновидностей и модификаций. Получили широкое распространение формы организации труда, открывающие как новые возможности, так и создающие новые риски. Сложившиеся трансформации оказывают существенное влияние на уровень занятости и самозанятости, структуру и детерминацию рынка труда и поэтому требуют модификации традиционных концепций и устоявшихся определений. По мере большего распространения заемного и дистанционного труда, а также различных форм самостоятельной занятости, ставятся под сомнение понятия ее гарантий и защиты, лежащие в основе традиционных трудовых отношений [7, 8].

Формирование инновационной экономики предполагает активное внедрение достижений научно-технического прогресса, модернизацию технологии производства продукции, совершенствование организационно-экономических механизмов управления. Реализация этого процесса проявляется в масштабном применении роботизированной техники и технологий, распространении IT-технологий во все сферы жизнедеятельности общества, автоматизации и механизации производства, цифровизации экономики и т.д. В результате рутинный ручной труд выполняется роботами, ликвидируются неквалифицированные рабочие места, увеличивается производительность труда и, в целом, создаются условия стабильного экономического роста [9, 10].

Объективными последствиями прогрессивного технологического развития является обострение конкурентной борьбы на рынке труда в связи с сокращением традиционных рабочих мест, усилении дифференциации доходов в зависимости от квалификации работников, появлении новых видов работ, требующих от исполнителей креативного мышления, владения современными технологиями. В будущем апгрейд экономической системы позволит увеличить занятость населения в новых и новейших сферах деятельности: креативной, цифровой или виртуальной экономике, секторе восстановления экологии, IT-медицине и генетике, человекоориентированных сервисах и т.д. В ближайшем будущем появятся такие профессии, как дизайнер виртуальной реальности, разработчики робоэтики, виртуальные экскурсоводы и *digital*-комментаторы, аналитики «Интернета вещей», космические гиды, специалисты по восстановлению экосистем, инженеры по разработке устройств постоянного питания, боди-дизайнеры и прочие. Все вышеперечисленное актуализирует задачу инвестирования человеческого капитала с целью формирования объективных экономических условий его саморазвития, самосовершенствования и укрепления его потенциала. Соответственно, накопленный «человеческий капитал» выступает одним из преимуществ формирования и развития современного информационного общества.

Список использованных источников

1. OECD. The Well-being of Nations: The Role of Human and Social Capital. Paris: OECD. – 2001.

2. Отчет по Глобальному человеческому развитию // Нефинансовый институт развития «Росконгресс» [Электронный ресурс]. – URL : https://roscongress.org/ (дата обращения: 24.06.2020).

3. Kim, Jim Yong. The Human Capital Gap: Getting Governments to Invest in People / Kim Jim Yong // Foreign Affairs, 2019 [Электронный ресурс]. – URL : https://www.foreignaffairs.com/articles/2019-06-14/human-capital-gap (дата обращения: 24.06.2020).

4. Молоткова, Н. В. Организация подготовки инженерных кадров к инновационной деятельности / Н. В. Молоткова, А. И. Попов // Alma mater: Вестник высшей школы. – 2019 – № 4. – С. 9 – 14.

5. Попов, А. И. Методика индивидуальной подготовки инженерных кадров в условиях цифровизации образования / А. И. Попов, Н. В. Майстренко, А. А. Букин // Научно-педагогическое обозрение. – 2020. – № 3(31). – С. 135 – 143.

6. Доклад о человеческом развитии 2019. Данные по Беларуси // UNDP Беларусь [Электронный ресурс]. – URL : https://www.by.undp.org/content/belarus/ru/home/presscenter/pressreleases.html (дата обращения: 26.06.2020).

7. Одегов, Ю. Г. Чем управление человеческими ресурсами принципиально отличается от управления персоналом? / Ю. Г. Одегов // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2018. – № 1. – С. 6 – 14.

8. Одегов, Ю. Г. Управление персоналом / Ю. Г. Одегов, Г. Г. Руденко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – 467 с.

9. The Future of Jobs Report 2018 // World Economic Forum [Электронный ресурс]. – URL : https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018 (дата обращения: 26.06.2020).

10. Тетеринец, Т. А. Инвестиции в человеческий капитал как фактор формирования инновационной экономики / Т. А. Тетеринец // Економічний вісник університету: Збірник наукових праць учених та аспірантів. Випуск 41. – Переяслав-Хмельницький, 2019. – С. 75 – 82.

References

1. OECD. The Well-being of Nations: The Role of Human and Social Capital. Paris: OECD. – 2001.

2. Report on Global humanity razrabotal // Nonfinancial institution of development “Recongress” [Electronic resource]. – URL : https://roscongress.org/ (data processing: 24.06.2020).

3. Kim, Jim Yong. The Human Capital Gap: Getting Governments to Invest in People / Kim Jim Yong. // Foreign Affairs, 2019 [Электронный ресурс]. – URL : https://www.foreignaffairs.com/articles/2019-06-14/human-capital-gap (дата обращения: 24.06.2020).

4. Molotkova, N. V. Organization of engineering personnel training for innovation activity / N. V. Molotkova, A. I. Popov // Alma mater: Bulletin of higher school. – 2019. № 4. – P. 9 – 14.

5. Popov, A. I. Methods of individual training of engineering personnel in the conditions of digitalization of education / A. I. Popov, N. V. Maistrenko, A. A. Bukin // Scientific and pedagogical review. – 2020. – № 3(31). – P. 135 – 143.

6. While we are talking about human development in 2019. Data on Belarus // UNDP Belarus [Electronic resource]. – URL : https://www.by.undp.org/content/belarus/ru/home/presscenter/pressreleases.html (address data: 26.06.2020).

7. Odegov, Yu. G. what is the main difference between human resource management and personnel management? / Yu. G. Odegov // Bulletin of Omsk University. Series “Economy”. – 2018. – № 1. P. 6 – 14.

8. Odegov, Yu. G. Personnel Management / Yu. G. Odegov, G. Rudenko. – 2nd ed., reprint. and add. – M. : Yurayt. – 2018. – 467 s.

9. Future Jobs Report 2018 // World economic forum [Electronic resource]. – URL : https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018 (address data: 26.06.2020).

10. Teterinets, T. A. Investment in human capital as a factor in the formation of an innovative economy / T. A. Teterinets // Economic Herald of the University: Zbirnik of naukovih prazi taught that asprintf. Vipusk 41. – Pereyaslav-Khmelnitsky, 2019. P. 75 – 82.

УДК 656.052/631.3-1/-9

А. В. Иванов, С. П. Москвитин,
Д. В. Комраков, А. П. Негуляева
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Радиотехника», Тамбов, Россия, e-mail: Aleksandr-Ivanov68@yandex.ru, sergey.msk@mail.ru;
АО «КБточмаш им. А. Э. Нудельмана», Отдел разработки лазерных дальномеров, Москва, Россия, e-mail: radist41@bk.ru)

ПЕРСПЕКТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. Рассмотрен подход к построению перспективной системы автоматического управления подвижным транспортом агропромышленного комплекса. Подробно описана структурная схема обработки информации в навигационном комплексе для обеспечения высоких характеристик точности определения координат местоположения и целостности навигационной информации.

Ключевые слова: навигационный комплекс, система автоматического управления, местоположение объекта.

A. V. Ivanov, S. P. Moskvitin,
D. V. Komrakov, A. P. Negulyaeva
(Tambov State Technical University,
Department of "Radio Engineering", Tambov, Russia;
(Nudelman Precision Engineering Design Bureau,
Department of Development of Laser Rangefinders, Moscow, Russia)

A PROMISING SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF MOBILE TRANSPORT IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Abstract. An approach to the construction of a promising automatic control system for mobile transport in the agro-industrial complex is considered. The block diagram of information processing in the navigation complex is described in detail to ensure high accuracy in determining the position coordinates and the integrity of navigation information.

Keywords: navigation complex, automatic control system, object location.

Введение. Для управления автомобилем без участия человека широкое распространение в последние время получили системы автоматического управления. Создание таких систем стало возможно благодаря современному развитию автомобильных электронных систем. На сегодняшний день созданием, таких систем занимаются практически все большие автоконцерны такие как General Motors, Ford, Mersedes Benz, Volkswagen, Audi, BMW, Volvo, Caddilaci и другие [1].

Общая концепция построения САУ предполагает, что в их состав функционально должны входить две группы датчиков. Одна группа включает инерциальную навигационную систему и аппаратуру приема сигналов спутниковых радионавигационных систем. Данная группа совместно с вычислительным устройством образует навигационный комплекс (НК), который обеспечивает бортовой компьютер основной информацией о положении автомобиля на цифровой карте местности. Назовем ее условно первой группой. Другая группа, назовем ее условно второй группой, включает датчики, устройства и системы, позволяющие производить точное позиционирование автомобиля относительно проезжей части и других участников дорожного движения. В ее состав, как правило, входят следующие датчики и устройства:

– датчик LIDAR (служит для формирования двумерной или трехмерной модели окружающего пространства);
– набор видеокамер;
– радары;
– датчик оценки положения.

Структурная схема САУ автомобиля имеет вид (рис. 1).

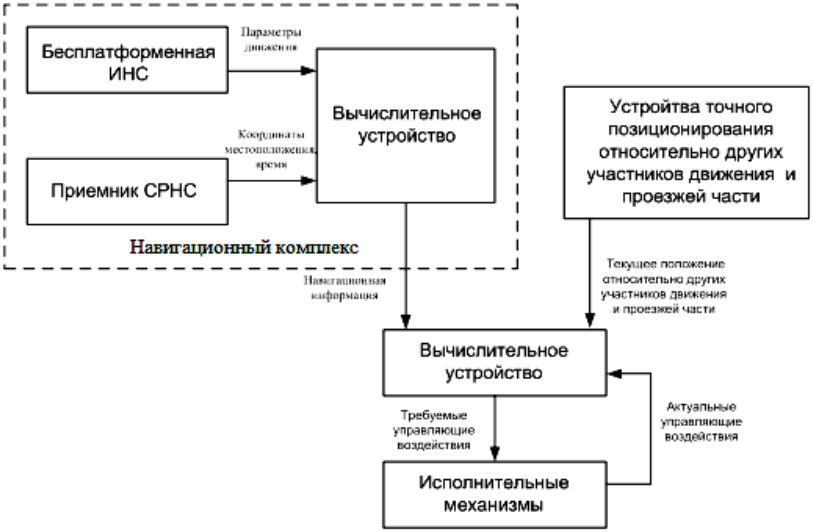


Рис. 1. Структурная схема САУ автомобиля

Особенностью работы подвижного транспорта (ПТ) агропромышленного комплекса является то, что большая часть его передвижения осуществляется по грунтовым дорогам, где отсутствует дорожная разметка, или по полям, где невозможно осуществить ориентацию по ярко выраженным ориентирам. В этом случае вторая группа устройств не может быть использована для передвижения по заданному маршруту и выводу ПТ в заданную точку, а может быть применена только для предотвращения столкновения с наземными препятствиями. Связано это с тем, что идентификация местности производится посредством сравнения заблаговременно отснятых фотографий с результатами визуализации окружающего ландшафта, сканируемого системами автомобиля. Поэтому решение задачи движения по маршруту и выводу ПТ агропромышленного комплекса в заданную точку маршрута полностью возлагается на навигационный комплекс. В связи с этим к навигационному комплексу должны предъявляться повышенные требования по точности определения координат местоположения и по точности характеристик целостности навигационной информации. Под характеристиками целостности понимаются вероятность обнаружения недостоверной навигационной информации и время обнаружения недостоверной навигационной информации. Необходимость контроля целостности навигационной информации связана с наличием в составе навигационного комплекса спутниковой радионавигацион-

ной системы. При ее работе возможно возникновение отказов или аномальных измерений, которые могут привести к тому, что координаты объекта будут определяться с большими погрешностями.

1. Точностные характеристики навигационных комплексов для подвижных наземных объектов

Система	Режим работы	Координаты (СКО), м	Высота (СКО), м	Скорость (СКО), м/с	Вертикальная скорость (СКО), м/с	Крен, тангаж, (СКО), град	Курс (СКО), град
ГАЛС-Д2М-4	Р2	8				0,5	0,04
	Р1	0,05% от пр. пути					
КомпаНав-3	Р2	6	2	0,2	0,2	0,2	0,4
	Р1	500	4	0,5	0,5	0,4	2
КомпаНав-2М	Р2	5	2	5	0,3	0,3	0,5
	Р1	600	6	5	0,5	0,5	3
КомпаНав-5.2	Р2	6		0,1		0,07	0,2
	Р1	0,25% от пр. пути		1,5		0,1	0,5
БИНС-Тек	Р2	5	2…4	0,1	0,3	0,03	0,1
	Р1	0,25% от пр. пути			0,5	0,1	0,7
БИНС-Тэк-С2	Р2	6		0,08		0,03	0,08
	Р1	0,1% от пр. пути		0,8		0,04	0,1
Ellipse-N	Р2	2		0,1		0,2	0,2
	Р1	190					
MMQ-G	Р2	3	4	0,2	0,2		
	Р1	500					
RT2002	Р2	1,5		0,36		0,05	0,1
	Р1	0,2% от пр. пути					
Ekinox-N	Р2	1,5		0,1		0,2	0,2
	Р1						

Р1 – автономный режим; Р2 – совместный режим работы с коррекцией от СРНС; пр. путь – пройденный путь.

Цель статьи – разработка структурной схемы обработки информации в навигационном комплексе для обеспечения высоких характеристик точности определения координат местоположения и целостности навигационной информации.

Обоснование структурной схемы обработки информации в навигационном комплексе. Характеристики некоторых современных НК, которые могут быть использованы в САУ подвижным транспортом агропромышленного комплекса, приведены в табл. 1.

Из приведенных в таблице данных видно, что лучшие отечественные и зарубежные НК имеют точность определения координат (среднеквадратическое отклонение (СКО)) порядка $\sigma = 1{,}5$ м. При таком значении СКО значение предельной ошибки лежит в пределах $\pm 4{,}5$ м и имеет достаточно большое значение, что не обеспечивает вождение ПТ по грунтовым дорогам.

Во всех навигационных комплексах для комплексной обработки информации в совместном режиме работы (комплексные алгоритмы обработки информации) используются методы оптимальной линейной фильтрации или методы Калмана – Бьюси. При использовании данных методов осуществляется вторичная обработка информации, под которой понимается обработка в вычислительном устройстве выходных сигналов устройств, систем и датчиков, входящих в состав навигационного комплекса. Основными недостатками комплексирования измерителей на уровне вторичной обработки информации являются:

– невозможность оптимизации аппаратуры приема радиосигналов СРНС с целью улучшения точностных характеристик и характеристик целостности;

– невозможность определения аномальных измерений на выходе аппаратуры приема СРНС.

Особенностью работы СРНС является то, что в произвольный момент времени возможны или кратковременное отсутствие радиосигналов, или прием радиосигналов при малом отношении сигнал/шум на входе аппаратуры приема СРНС, или искажение радиосигнала на входе АП СРНС. Радиосигнал на входе АП СРНС может отсутствовать или иметь малое отношение сигнал/шум по причинам затенения приемной антенны, выхода из строя бортовой аппаратуры навигационного космического аппарата, влияния многолучевости распространения сигналов. Радиосигнал может быть искажен из-за воздействия большого числа помех как естественных, так и искусственных. Все это оказывает негативное влияние на работу АП СРНС и не позволяет обеспечить как высокую точность определения координат ПТ, так и требуемую достоверность навигационных данных в НК.

Для обеспечения достоверности навигационных данных необходим внутренний (автономный) контроль целостности навигационных дан-

ных СРНС, включающий в себя контроль наличия сигналов на входе АП СРНС и контроль достоверности получаемой навигационной информации. Недостатком существующих на сегодняшний день НК с внутренним контролем целостности навигационных данных СРНС является то, что используемые в АП СРНС методы контроля основаны на данных, полученных в результате вторичной обработки информации.

Для определения наличия радиосигналов на входе АП СРНС необходимо решать задачу обнаружения радиосигналов, а для контроля достоверности навигационной информации (обнаружения аномалий навигационных данных) оценки навигационных данных задачу адаптивного оценивания [2 – 4]. Таким образом, в навигационных комплексах ПТ, основанных на СРНС, необходимо совместно решать задачу обнаружения сигналов с задачей адаптивного оценивания. В связи с этим более предпочтительным является комплексирование на уровне обработки радиосигналов, т.е. на первичном уровне.

Для оптимальной комплексной первичной обработки информации широкие возможности открывают методы марковской теории оптимального оценивания случайных процессов. Методы марковской теории оптимального оценивания позволяют обнаруживать радиосигналы СРНС, идентифицировать математическую модель динамической системы и производить адаптивное оценивание.

В работах [2 – 4] методами марковской теории оптимального нелинейного оценивания были получены адаптивные комплексные квазиоптимальные алгоритмы обработки информации, которые в отличие от всех известных позволяют решать задачу оценивания навигационных данных (координат объекта, параметров движения объекта) совместно с задачами обнаружения радиосигналов СРНС на входе приемного устройства и контролем целостности навигационных данных СРНС. В соответствии с данными алгоритмами многоканальная структурная схема обработки информации в НК, включающем в свой состав СРНС, ИНС и дополнительно введенный в состав навигационного комплекса барометрический высотомер (БВ), представлена на рис. 2.

В состав каждого канала входит: четырехканальное устройство обработки сигналов СРНС, канал обработки радиосигналов (КОРС СРНС) и устройство обработки сигналов нерадиотехнических измерителей (УО НРТИ). Схема позволяет получить оценку непрерывного параметра $\mathbf{X}^{*}_{\mu_m}(|)$ (оценку навигационной информации), оценку параметра достоверности $\mu^{*}(.)$ и оценку параметра обнаружения $\lambda^{*}_{\mu}(|)$. Оценка непрерывного параметра и оценка двухкомпонентного дискретного процесса производятся в классификаторе (К) и устройстве вычисления (УВО $\mathbf{X}^{*}_{\mu_m}(|)$ по $P[\mu_m|.]$). Оценка непрерывного параметра

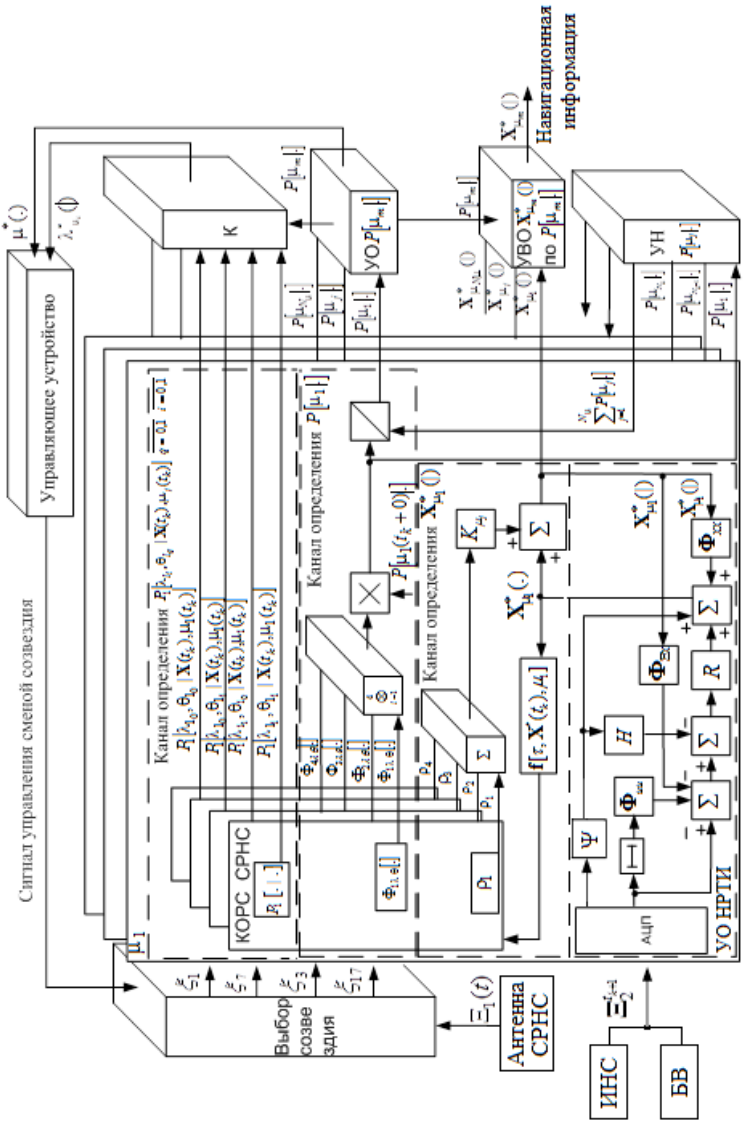


Рис. 2. Структурная схема комплексной обработки информации в НК

$\mathbf{X}^{*}_{\mu_i}(t_k \mid t_{k+1} - 0)$ зависит от оценки параметра достоверности, получаемой в устройстве определения максимума апостериорных вероятностей параметра достоверности (УО $P\left[\mu_m \middle| . \right]$). При этом в случае обнаружения факта отсутствия радиосигнала $\lambda^{*}_{\mu}(|) = 0$ или аномалий навигационных данных СРНС (оценка параметра достоверности не совпадает с предполагаемой) на устройство выбора рабочего созвездия СРНС через управляющее устройство подается сигнал о необходимости смены созвездия. Отличительной особенностью схемы является наличие N_{μ} независимых каналов обработки и наличие связей между устройством обработки нерадиотехнических измерителей и аппаратурой приема радиосигналов СРНС.

Проведенный с помощью компьютерного моделирования анализ работы схемы обработки информации в НК показал:

– наилучшая точность идентификации может быть получена при числе каналов обработки информации в пределах от 3 до 101. Алгоритм обработки информации позволяет идентифицировать параметр достоверности с вероятностью 0,9 за 0,30 с., с вероятностью 0,95 за 0,375 с;

– точность определения координат местоположения при приеме радиосигналов от четырех навигационных спутников, образующих оптимальное созвездие при отношении сигнал-шум более 120, имеет значение $\sigma_D = 0{,}11$ м, при использовании информации от восьми навигационных спутников точность определения координат местоположения повышается и имеет значение $\sigma_D = 0{,}08$ м;

– вероятность полной ошибки P_e снижается с 0,45 до 0,13 при увеличении отношения сигнал-шум с 10^{-5} до $6 \cdot 10^{-3}$.

Таким образом, предложена схема обработки информации в навигационном комплексе, которая обеспечивает высокие характеристики точности определения координат местоположения, а также высокие характеристики целостности навигационной информации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-08-00312 А.

Список использованных источников

1. Козорез, Д. А. Состав и структура автономных систем навигации и управления роботизированного прототипа автомобиля / Д. А. Козорез, Д. М. Кружков // Спецтехника и связь. – 2012. – № 3.

2. Иванов, А. В. Адаптивное оценивание и идентификация сигналов спутниковых радионавигационных систем в навигационных системах / А. В. Иванов, О. В. Сурков, С. П. Москвитин // Вестник Там-

бовского государственного технического университета. – 2018. – Т. 24, № 1. – С. 44 – 57.

3. Иванов, А. В. Идентификация и адаптивное оценивание дискретно-непрерывных процессов / А. В. Иванов, О. В. Сурков // Радиотехника. – 2018. – № 10. – С. 81 – 91.

4. Иванов, А. В. Алгоритмы адаптивного оценивания и идентификации для навигационных систем подвижных наземных объектов на основе спутниковых радионавигационных систем / А. В. Иванов, О. В. Сурков // Успехи современной радиоэлектроники. – 2019. – № 5. – С. 25 – 39.

References

1. Kozorez, D. A. Composition and structure of autonomous navigation and control systems of a robotic prototype of a car / D. A. Kozorez, D. M. Kruzhkov // Special equipment and communication. – 2012. – № 3.

2. Ivanov, A. V. Adaptive estimation and identification of signals from satellite radio navigation systems in navigation systems / A. V. Ivanov, O. V. Surkov, S. P. Moskvitin // Bulletin of the Tambov State Technical University. – 2018. – V. 24, № 1. – P. 44 – 57.

3. Ivanov, A. V. Identification and adaptive estimation of discrete-continuous processes / A. V. Ivanov, O. V. Surkov // Radio Engineering. – 2018. – № 10. – P. 81 – 91.

4. Ivanov, A. V. Adaptive estimation and identification algorithms for navigation systems of mobile ground objects based on satellite radio navigation systems / A. V. Ivanov, O. V. Surkov // Advances in modern radio electronics. – 2019. – № 5. – P. 25 – 39.

УДК 681.518

М. В. Лемкина, А. А. Терехова, Б. С. Дмитриевский
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Информационные процессы и управление», Тамбов, Россия, e-mail: ipu@mail.ahp.tstu.ru)

УПРАВЛЕНИЕ ПЛАНИРОВАНИЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РАСПИСАНИЯ В ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Аннотация. Статья посвящена автоматизированному составлению расписаний в пищевых производствах. Проведен анализ существующих систем планирования производственных расписаний и показаны их недостатки. С учетом специфики реальных пищевых производств предложен алгоритм управления планированием производственного расписания.

Ключевые слова: управление, производственное расписание, модификация расписания, автоматизированное составление расписаний, пищевые производства.

M. V. Lemkina, A. A. Terekhova, B. S. Dmitrievsky
(Tambov State Technical University,
Department of Information Processes and Control, Tambov, Russia)

MANAGING PRODUCTION SCHEDULE PLANNING IN FOOD PRODUCTION FACILITIES

Abstract. The article is devoted to automated scheduling in food production. The analysis of existing systems for planning production schedules and their shortcomings are shown. Taking into account the specifics of real food production, an algorithm for managing production schedule planning is proposed.

Keywords: management, production schedule, schedule modification, automated scheduling, food production.

К настоящему времени накоплен большой опыт по созданию систем автоматизированного составления расписаний [1]. В большинстве своем эти системы имеют дело с расписаниями для производств дискретного типа, в частности в области многоассортиментных производственных систем используют многопроходный алгоритм в реальном времени или алгоритм на основе краткосрочного временного планирования.

Эти методы построения систем составления расписаний хорошо работают в стационарных условиях, когда установленные технологическим регламентом времена обработки партий жестко фиксированы. Однако, в реальном пищевом производстве невозможно полностью удовлетворить этому критерию, и, как правило, в течение производства возникают временные изменения в производственном расписании, называемые вариациями. Эти вариации могут возникать вследствие различных внешних и внутренних факторов пищевых производств, таких как задержки в поступлении сырья, непостоянство его качества, нестабильность промежуточных продуктов и т.п.

В результате исследований в этой области общеприняты три основных пути решения данной проблемы:

1) составлять производственные расписания с большим запасом по времени на каждой стадии обработки партии продукта, чтобы сглаживать негативные последствия вариаций;

2) ввести в производственную цепочку дополнительные емкости для хранения промежуточных полупродуктов;

3) контролировать время обработки каждой партии с помощью динамически изменяемых режимов производства.

Рассмотрев представленные подходы можно сделать вывод, что первый и второй методы требуют проведения значительных инвестиций, а третий метод не дает нам возможности управлять процессом в необходимой степени (в частности управлять качеством выпускаемой продукции).

Для решения поставленной задачи иногда используют вариативную систему составления расписаний, в которой основой является управление временем ожидания между задачами в пределах, допустимых технологическим регламентом, причем без ухудшения общих параметров расписания.

Обозначим через n целевой продукт для процедуры модификации расписания, а через N – общее количество продуктов, для которых осуществляется составление расписания.

Определяем минимальное время сдвига на основе данных о минимально возможном временном интервале при установленных ограничениях на время ожидания промежуточных продуктов, с учетом вариаций времени обработки продукта. Для фиксированных значений времен обработки получаем значение S по формуле:

$$S = \min(ST_{n,\,j} - CT_{n-1,\,j}),$$

здесь $CT_{n-1,\,j}$ – реальное время окончания обработки, а $ST_{n,\,j}$ – запланированное время начала обработки для соответственно $(n-1)$-го и n-го продукта для задачи j.

Однако, фиксирование времени обработки для продуктов неактуально для систем составления расписаний в реальном времени. Поэтому необходимо определить адекватное время S, с учетом вариаций времени обработки продукта. На шагах 2 и 3 алгоритм прогнозирует максимальное время окончания обработки для каждой задачи $(n-1)$-го продукта (LC_{n-1}) и минимальное время окончания обработки для каждой задачи n-го продукта (EC_n). На шаге 4 время S для n-го продукта определяется как минимальная разница между временем LC_{n-1} для $(j+1)$-й задачи, полученным на шаге 2, и временем EC_n для j-й задачи, полученной на шаге 3.

Значения EC и LC в зависимости от ситуации вычисляется по следующим двум формулам:

– для задач с ограничениями по времени ожидания:

$$LC_{ij} = \max(LC_{i,\,j-1} + NPT_{i,j} + UPT_{i,j};\, LC_{i-1,\,j+1}),$$

$$EC_{nj} = EC_{n,\,j-1} + NPT_{n,\,j} - LPT_{n,\,j},$$

– для задач без таких ограничений:

$$LC_{ij} = \max(LC_{i,\,j-1} + NPT_{i,j} + \max(IWT_{i,\,j}; UPT_{i,\,j}); LC_{i-1,\,j+1}),$$

$$EC_{nj} = EC_{n,\,j-1} + NPT_{n,\,j},$$

где *IWT* – прогнозируемое время ожидания, служащее для управления временем ожидания только что завершившихся задач; *UPT*, *NPT*, *LPT* – соответственно максимальное, нормальное и минимальное времена вариации.

Таким образом, для значения *S* мы получаем следующие выражения:

– если *n*-й продукт еще не обработан:

$$S = \min(EC_{n,\,j} - LC_{n-1,\,j+1} + MWT_{n,\,j}),$$

– если *n*-й продукт уже обработан или обрабатывается в настоящий момент:

$$S = \min(EC_{n,\,j} - LC_{n-1,\,j+1} + MWT_{n,\,j};\ 0).$$

На следующем шаге выполняем процедуру сдвига всего расписания по времени для целевого продукта.

Список использованных источников

1. Системы диспетчеризации и управления : учебное пособие / В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, И. С. Панченко, М. В. Кокорева. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 96 с.

References

1. Dispatching and control systems : textbook / V. G. Matveykin, B. S. Dmitrievsky, I. S. Panchenko, M. V. Kokoreva. – Tambov : Publishing house of TSTU, 2013. – P. 96.

УДК 681.518

П. К. Правин
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Информационные процессы и управление»,
Тамбов, Россия, e-mail: ipu@mail.ahp.tstu.ru)

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. Рассмотрены задачи управления планированием реализации сельскохозяйственной продукции, описывается документооборот и этапы обработки документов. Описываются модули системы управления. Подробно описан состав отчета о реализованной продукции. Система позволяет анализировать динамику продаж, коэффициент оборачиваемости, величину потерь из-за отсутствия конкретной продукции и др., произвести различный отбор и группировку параметров отчетных документов.

Ключевые слова: управление, задачи управления, система планирования, отчет, модуль системы, сельскохозяйственное предприятие.

P. K. Praveen
(Tambov State Technical University,
Department of Information Processes and Control, Tambov, Russia)

MANAGEMENT OF THE PLANNING SYSTEM FOR THE SALE OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Abstract. The article deals with the tasks of managing the planning and sale of agricultural products, describes the workflow and stages of document processing. Modules of the control system are described. The structure of the report on sold products is described in detail. The system allows you to analyze the dynamics of sales, turnover ratio, the amount of losses due to the lack of specific products, etc., to make a different selection and grouping of parameters of accounting documents.

Keywords: management, management tasks, planning system, report, system module, agricultural enterprise.

Каждое предприятие в определении своей стратегии ориентируется на получение максимальной прибыли, которая служит основой и источником средств для его дальнейшего развития. Для корректного управления реализацией продукции на предприятии необходимо определить множество факторов, влияющих на поведение всей системы в целом и правильно использовать автоматизированную систему управления предприятием [1].

В управлении реализацией сельскохозяйственной продукции важным показателем является объем проданной продукции за опреде-

ленный период. Наряду с объемом реализации сельскохозяйственное предприятие планирует сумму прибыли. Это возможно потому, что при установлении договорных цен на продаваемую продукцию в состав ее включается определенная сумма прибыли. Также на основе показателя объема проданной продукции можно проанализировать запасы всех видов продукции, выявить наиболее выделяющиеся позиции и адекватно спланировать дальнейшие закупки.

Основными задачами управления планированием реализацией сельскохозяйственной продукции являются:

– контроль за выполнением планов по объему, ассортименту, качеству выпущенной продукции и обязательств по ее поставкам;

– контроль за сохранностью готовой продукции и соблюдением установленных лимитов;

– контроль за выполнением плана по реализации продукции и своевременностью оплаты за реализованную продукцию;

– выявление рентабельности всей продукции и ее отдельных видов.

Управление начинается с ведомости оприходования, которая поступает в систему. В ней есть все необходимые данные о складах и о том, что на них находится, в каких количествах и по какой цене. Она проводится единожды на все склады и считается начальной точкой функционирования учета реализации.

Вторым этапом является проведение приходных накладных по мере ежедневного поступления продукции на склады. В случае прихода бракованной продукции, ее возвращают на каком-либо основании, которое указано в накладной на возврат. В конце отчетного периода с розничных торговых точек и складов приходит акт списаний, в котором так же как в возвратной накладной обязательно должно быть основание, на котором происходит списание товаров. Систематически производится инвентаризация на каждом складе. Ревизия оформляется в виде ведомости остатков и формируется оборотно-сальдовая ведомость.

На основе оборотно-сальдовой ведомости формируется отчет о реализованной продукции, в котором наглядно видно, сколько продано за неделю конкретной позиции, по какой цене и как повлияли скидки, акции, уценки или наценки на объем продаж. Из этого отчета складываются данные в книгу продаж и в товарный отчет.

В отдел логистики поступают анализ продаж и динамика продаж, сформированные из нескольких отчетов по продажам за определенный период. На основе этих данных, используя сведения о контрагентах, с которыми контактирует предприятие, и прайс-листы принимается решение о дальнейших планах закупок.

Разрабатываемая система состоит из трех модулей: управление реализацией продукции, анализ продаж и планирование закупок. Каждый из этих модулей выполняет следующие функции: обрабатывает входную информацию, преобразовывает ее в выходную, необходимую для дальнейшего анализа и планирования.

В первом модуле обрабатываются первичные документы с помощью бухгалтера, продавца и кладовщика. Продавец поставляет данные, согласованные с менеджером, об инвентаризационных остатках и списаниях. Бухгалтер обрабатывает приходные накладные и возвратные, следит за тем, чтобы все документы сопровождались печатью и соответствовали юридическим нормам.

На основе этой информации формируется отчет о реализации продукции, который является входной информацией для блока «Анализ продаж». В данном отчете содержится информация сколько продано того или иного вида продукции за определенный промежуток времени и по какой цене, и как повлияли скидки на объем продаж.

Исходя из этой информации строится график динамики продаж за несколько отчетных периодов и выявляется коэффициент оборачиваемости, что является важным фактором при планировании закупок на следующий период.

Помимо расчета необходимого объема закупок можно выявить факт потери прибыли предприятием, вызванный отсутствием на складе пользующейся спросом продукции. В отчете формируются данные о реальном количестве дней продажи, т.е. дней, когда продукция присутствовала на складе, и об общем количестве рабочих дней в периоде анализа продаж. Проанализировав эти две величины можно сделать выводы о величине потерь из-за отсутствия данной продукции.

С помощью параметров настройки отчета можно произвести различный отбор и группировку параметров отчета. В отчет можно отобрать информацию по конкретным видам продукции, группам, а также по произвольному списку.

Список использованных источников

1. Дмитриевский, Б. С. Автоматизированные информационные системы управления инновационным наукоемким предприятием / Б. С. Дмитриевский. – М. : Машиностроение-1, 2006. – 156 с.

References

1. Dmitrievsky, B. S. Automated information systems of management of innovative high-tech enterprise / B. S. Dmitrievsky. – Moscow : Mechanical engineering-1, 2006. – 156 p.

Р. Р. Толстяков
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Экономическая безопасность и качество»,
Тамбов, Россия, e-mail: tolstyakoff@mail.ru)

МЕЛКИЙ ФЕРМЕР-ВИДЕОБЛОГЕР: ИЛЛЮЗИИ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ

Аннотация. Рассмотрены теоретические и практические аспекты использования блогосферы как инструмента маркетингового продвижения в среде мелкого фермерства. Представлен анализ развития данной тенденции на примере предприятий центрального Черноземья.

Ключевые слова: маркетинговые коммуникации, видеомаркетинг, YouTube, ВКонтакте, фермерство, блогер.

R. R. Tolstyakov
(Tambov State Technical University,
Department of Economic Security and Quality, Tambov, Russia)

THE SMALL FARMER AND VIDEO BLOGGER: ILLUSION OR REALITY

Abstract. Theoretical and practical aspects of using the bloging as a marketing promotion tool in small-scale farming are considered. The analysis of the development of this trend is presented on the example of enterprises of the Central Chernozem region.

Keywords: marketing communications, video marketing, YouTube, Vkontakte, farming, blogger.

Блогер в классическом понимании – это любой человек, ведущий он-лайн журнал в Интернете, в котором оставляет записи (посты), разного характера: личные, рецензионные, новостные, комментирующие. Существуют различные классификации блогов, начиная от формы, заканчивая содержанием. Наиболее интересные, оригинальные злободневные посты вызывают дискуссии, становятся цитируемыми и тем самым популяризируют классического блогера. Согласно рейтингу блогов рунета, в настоящее время количество русскоязычных блогов превышает 35 миллионов [1].

Наиболее востребованным форматом выступает видео. Несмотря на то, что данная субкультура достаточно нова для России, так как наиболее популярным видеоканалам не более 3 – 5 лет, но она очень динамично развивается. В частности, по прогнозам компании Cisco, на фоне утроения с 2016 по 2021 год мирового и удвоения российского

IP трафика, доминирующую долю в нем будет занимать видео. Уже в 2016 году его доля составляла 61%, а к 2021 планируется достичь показателя 80%. В 2017 году рекламный бюджет в сегменте Digital превысил телевизионный, эта тенденция подтвердилась в последующие годы, что позволяет обоснованно утверждать, что традиционные форматы СМИ как площадка для рекламы и коммуникации уже потеряна для молодой аудитории.

В настоящей статье сконцентрируемся на блогах, посвященных определенной тематической направленности, а именно сельскому хозяйству и фермерству. Принципиальным моментом является то, что блог ведет не профессиональный журналист, рассказывающий о проблемах села и специфике жизни деревни, а непосредственно участник этого процесса – фермер.

Ключевым моментом в блогосфере в целом и в сегменте блогов о фермерстве, селе, выращивании с.-х. продукции является пользовательский контент. Весь пользовательский контент исследователями разделяется на первичный и вторичный. Первичный – это сообщения, которые пользователи (блогеры) публикуют в виде постов или видеороликов. Вторичный – это сообщения, которые пользователи (подписчики) публикуют в виде комментариев, реплик, тех же «лайков» [2].

Наиболее распространенными формами пользовательского контента, которые одновременно выступают критериями коммуникационной эффективности, являются:

- комментарии;
- отзывы;
- голосования;
- опросы;
- видеоролики и фотографии.

Блогер, который стимулирует общение со своей аудиторией, тем самым повышает лояльность к себе и как следствие – к рекламируемому продукту. Но в случае с фермером-блогером – он сам выступает «продуктом». Вынося свои рабочие и, отчасти, бытовые будни на всеобщее обозрение, он повышает интерес к своей работе, услуге, продукту.

Для большинства городских жителей специфика сельского хозяйства остается загадкой, чем вызван интерес жителей мегаполисов к так называемому сельскому туризму. С другой стороны, бытует мнение, что сегодня подавляющее большинство продуктов питания готовятся с использованием химических добавок, повышающих калорийность и вкусовые качества продукта, что не способствует его полезности.

Экологичность – один из трендов сегодняшнего времени, которые позволят фермерам при небольших объемах производимой продукции занять нишу премиального сегмента.

По факту же эту нишу занимают единицы. Ведение собственного видеоблога – это не панацея, но один из действующих инструментов привлечь к себе внимание аудитории и соответственно сделать свою продукцию брендированной, в первую очередь, в глазах собственного сообщества. Вторичный пользовательский контент в формате отзывов, комментариев в данном случае является ключевым. Простой потребитель склонен в большей степени доверять неофициальной информации, а информации от простых (таких же как он) людей. Это доказывается тем, что на данный момент поисковикам Yandex и Google пользователи предпочитают YouTube и социальные сети, где можно найти информацию о товарах, услугах, как говорится, из первых рук, а не заказные рекламные статьи, появляющиеся на первых страницах поисковой выдачи.

Рассмотрим, какие существуют форматы рекламных интеграций в видеоблогах и какие из них целесообразны для применения в видеоблогах фермеров. В данном случае речь не идет об интеграции рекламных вставок для монетизации видео, а исключительно об авторском контенте.

1. **Прямая реклама** – это реклама блогером наименования продукции (показ его в кадре, рассказ о возможностях), после чего идет напоминание о возможности его приобретения и о том, что «ссылка находится в описании».

Прямая реклама в фермерском блоге имеет место быть, но только для рекламирования своего товара или услуг. В случае если канал успешный, то фермер может давать рекламу, например, на инструменты или механизмы, которые он использует в своей деятельности и которые хорошо себя зарекомендовали с его точки зрения.

2. **Product Placement (PP)** – формат имплицитной рекламы, органично вплетенной в сюжет видеоролика. Как правило, рекламируемый товар (бренд) находится в кадре с видеоблогером, но на нем не акцентируется внимание [3].

Фактически весь блог нацелен на данный формат, где продуктом является деятельность фермера. В процессе веления видеоблога формируется фермерский бренд. Любая техника или оборудование, попадающие в кадр, также подходят под данный формат, но зачастую это происходит неосознанно. Например, в процессе построения загона для овец блогер использует электроинструмент Bosh, при этом Bosh ника-

кой рекламы не заказывал, просто это один из обыденных моментов работы на ферме.

3. **Анонс активации рекламной кампании.** С помощью этого формата автор видеоблога информирует пользователей YouTube-канала о начале конкурса, организованного тем или иным брендом или самим блогером с целью популяризации своего канала или других целей [4].

По факту редко используемый среди фермеров подход, который вполне имеет место быть, когда за какое-либо действие со стороны подписчиков (отзыв, фотографии с продукцией, и т.д.) разыгрывается что-то ценное. Как правило розыгрыши и акции очень хорошо заходят на аудиторию и пренебрегать этим не стоит. Но частые анонсы взывают отторжение аудитории, пользователь чувствует обман со стороны блогера, что подтверждается исследованиями комментариев к видео с подобными подходами.

4. **Участие в активации** – формат по своим характеристикам схожий с «анонсом активации», различие состоит в том, что автор видеоблога тоже участвует в каком-либо конкурсе, тем самым демонстрируя зрителям на собственном примере, как можно решить ту или иную задачу интересно и креативно [3].

Интересный формат, но на практике применяется редко, более того, фермер в блоге предстает именно как труженик, рассказывающий о своих буднях, поэтому участие его в подобных акциях может принести обратный эффект.

5. **Обзор продукта** – информирование целевой аудитории с целью характеризации рекламируемой продукции, демонстрации ее преимуществ и особых свойств.

Идеальный формат для фермер-блога. Именно описание как собственных продуктов, так и способствующих, например, удобрения, инструмент, корма, во-первых, вызывает интерес, во-вторых, – показывают фермера как профессионала и удерживают аудиторию на канале. Важно, чтобы блогер при обзорах отличался искренностью, честностью, профессионализмом.

6. **Спонсирование спецпроектов** – крупномасштабная рекламная интеграция, реализуемая популярным брендом, обладающим солидным бюджетом на рекламу в видеоблогах. Главная цель – повысить узнаваемость и увеличить лояльность пользователей к бренду.

Для фермер-блогов неподходящий формат именно в силу высокого бюджета. Блог в данном случае ведется без отрыва от дел и как сопутствующий коммуникационный инструмент.

7. **Коллаборация** – не только совместные видео блогеров, но и сотрудничество бренда с автором YouTube-канала с целью создания совместного продукта, вдохновленного видеоблогером либо созданного при участии видеоблогера. В данном формате интеграции важна роль блогера в создании продукта – это будет означать, что блогер становится амбассадором бренда или конкретного продукта, так как «ставит» на него свое имя [3].

К сожалению, данный формат подходит в большей степени медийным личностям и блогерам-миллионщикам, к которым фермеры не относятся.

Перейдем от теории к практике и рассмотрим реалии фермерских видеоблогов. На основании контент-анализа с использованием сервиса https://whatstat.ru/ были отобраны каналы, имеющие в своем названии словоформы, связанные с фермерством. Сервис отображает топ 500 русскоязычных каналов YouTube с количеством подписчиков более 1 тысячи по каждой из 15 тематических категорий YouTube.

Если по состоянию на конец 2018 года некоторые категории, такие как образование, наука и техника не были заполнены на 100% (315 и 210 каналов с подписчиками более 1000 соответственно), то сейчас абсолютно все категории полны. Таким образом, в базе сервиса, находится 7500 каналов, из них всего 43 (0,6%) можно отнести к фермерским блогам (табл. 1). Более детальный поиск в ручном режиме с использованием фильтров YouTube по словоформам «агро*» и «крестьян*» незначительно увеличил статистические показатели по количеству каналов. Среди них появилось несколько каналов с количеством подписчиков в несколько десятков, а также каналы фермеров Украины и Белоруссии, не вошедшие в предыдущую выборку.

1. Статистика по YouTube-каналам на фермерскую тематику

	Каналы	Подписчики (тыс.)		Просмотры (млн)	
		max	min	max	min
Фермер	13	418	1,4	205,5	0,127
Деревня	11	165	5,7	38	0,177
Агро*	11	306	0,232	12,4	0,111
Крестьян*	8	191	14,8	34,4	4,5

Поиск по словоформе «фермер» дал результат более 300 каналов. Преимущественное количество каналов имело немного подписчиков от десятков до нескольких сотен, именно поэтому они не попали в статистику WhatStat. Данный факт показывает, что малое фермерство пытается развивать видеоблоги как средство маркетинговой коммуникации, но это находится в зачаточном состоянии по сравнению с бьюти- и тревелблогерами.

Отдельно стоит отметить канал «Тамбовский фермер» (https://www.youtube.com/channel/UCXcuGXvFZwBw-vHF7EvpPAA), имеющий 967 подписчиков, 96 539 суммарных просмотров. Канал создан в 2014 году и активно развивается. Конент состоит из коротких видео (от 1 до 6 минут), снятых на телефон, о специфике ведения сельского хозяйства. Самые популярное видео посвящены постройке и устройству теплиц.

«Тамбовский фермер» самый значимый из всего 9 YouTybe-каналов, посвященных развитию фермерства на Тамбовщине. Управление сельского хозяйства Тамбовской области регулярно проводит мероприятия по грантовой поддержке мелких крестьянско-фермерских хозяйств. Видится целесообразным проведение просветительской работы по стимулированию использования современных средств коммуникации, таких как видеоблоги, продукции, произведенной в Тамбовской области и предусмотреть формат медиа гранта для освещения деятельности фермеров и сельхозпроизводителей, например, под общим слоганом «сделано в Тамбове».

Список использованных источников

1. Мартьянова, Н. А. Социологический анализ интернет-субкультуры: на примере бьюти-блогеров / Н. А. Мартьянова // Труды Санкт-Петербургского государственного института культуры. – 2015. – Т. 206. – С. 328 – 332.

2. Сапрыкина, Н. В. Методы применения пользовательского контента в маркетинге / Н. В. Сапрыкина, Е. В. Шаповалова // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4-1(18). – С. 48 – 54.

3. Терских, М. В. Рекламные интеграции в видеоблогах: форматы, жанровые и языковые особенности / М. В. Терских, В. А. Лущников // Известия Смоленского государственного университета. – 2018. – № 3(43). – С. 184 – 207.

4. Гундарин, М. В. Реклама в видеоблогах: анализ обратной связи / М. В. Гендарин, А. И. Зотова // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2018. – № 3(109). – С. 36.

5. Корабельская, В. В. Роль видеоблога в современной интернет-коммуникации / В. В. Корабельская // Хроноэкономика. – 2020. – № 4(25). – С. 62 – 71.

References

1. Martyanova, N. A. Sociological analysis of Internet subcultures: on the example of beauty-bloggers / N. A. Martyanova // Proceedings of the Saint Petersburg state Institute of culture. – 2015. – V. 206. – P. 328 – 332.

2. Saprykina, N. V. User-generated content applications in marketing / N. V. Saprykina, E. V. Shapovalova // Bulletin of the Don state agrarian University. – 2015. – № 4-1(18). – P. 48 – 54.

3. Terskikh, M. V. Advertising integrations in video blogs: formats, genre and language features / M. V. Terskikh, V. A. Lushchikov // Izvestiya of the smolensk state university. – 2018. – № 3(43). – P. 184 – 207.

4. Gudarin, M. V. Advertising in video blogs: feedback analysis / M. V. Gudarin // Management of economic systems: an electronic scientific journal. – 2018. – № 3(109). – P. 36.

5. Korabelskaya, V. V. Video blog as a new format of internet communication / V. V. Korabelskaya // Chronosequence. – 2020. – № 4(25). – P. 62 – 71.

II Международная научно-практическая конференция

«ЦИФРОВИЗАЦИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»

В 2-х томах

Том II

Сборник научных статей

Редакторы: Е. С. Мордасова, И. В. Калистратова,
Л. В. Комбарова
Инженеры по компьютерному макетированию:
И. В. Евсеева, Т. Ю. Зотова, М. Н. Рыжкова

ISBN 978-5-8265-2246-2

Подписано к использованию12.10.2020.
Тираж 100 шт. Заказ № 82

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.
Телефон (4752) 63-81-08.
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru