



АССОЦИАЦИЯ  
"ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
В.И. ВЕРНАДСКОГО"



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
ИНФОРМАТИКА  
И УПРАВЛЕНИЕ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



ЗАО  
Издательство «Саратовский  
Регистр»



## IV Международная научно-практическая конференция

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

В 3-х томах

Том II

Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2024

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Правительство Тамбовской области  
Министерство сельского хозяйства Тамбовской области  
ФИЦ «Информатика и управление» РАН  
ФГБУН «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова» РАН  
Евразийская технологическая платформа  
«Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания»  
ООО «Ви Гроу»  
Ассоциация инженерного образования России  
Тамбовское региональное отделение ООО «СоюзМаш России»  
Ассоциация «Объединенный университет им. В. И. Вернадского»  
Белорусский государственный аграрный технический университет  
Мичуринский государственный аграрный университет  
Тамбовский государственный технический университет

**IV Международная научно-практическая конференция**  
**«ЦИФРОВИЗАЦИЯ**  
**АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»**

Сборник научных статей  
Тамбов, 23 – 25 октября 2024 г.

В 3-х томах

Том II

*Научное электронное издание*

**IV International Scientific and Practical Conference**  
**“DIGITALIZATION**  
**OF AGROINDUSTRIAL COMPLEX”**

Proceedings  
Tambov, October 23 – 25, 2024

*Scientific Electronic Publication*



---

Тамбов  
♦ Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ» ♦  
2024

УДК 631.5  
ББК 381+П07  
Ц75

**Редакционная коллегия:**

Муромцев Д. Ю. – сопредседатель программного комитета, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «ПГТУ», д-р техн. наук, проф.;  
Громов Ю. Ю. – заместитель председателя организационного комитета, директор Института «Автоматика и информационные технологии» ФГБОУ ВО «ПГТУ», д-р техн. наук, проф.;  
Балабанов П. В. – заместитель председателя программного комитета, заведующий кафедрой «Мехатроника и измерительные технологии» ФГБОУ ВО «ПГТУ», д-р техн. наук, доц.;  
Дмитриевский Б. С. – проф. кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «ПГТУ», д-р техн. наук, проф.;  
Дивин А. Г. – проф. кафедры «Мехатроника и измерительные технологии» ФГБОУ ВО «ПГТУ», д-р техн. наук, доц.;  
Ведищев С. М. – зав. кафедрой «Агроинженерия» ФГБОУ ВО «ПГТУ», д-р техн. наук, проф.;  
Елизаров И. А. – доц. кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «ПГТУ», канд. техн. наук, доц.;  
Назаров В. Н. – доц. кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «ПГТУ», канд. техн. наук, доц.;  
Третьяков А. А. – доц. кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «ПГТУ», канд. техн. наук, доц.;  
Орлова Е. Е. – директор Юридического института ФГБОУ ВО «ПГТУ», канд. юрид. наук, доцент;  
Долгова О. В. – ст. преп. кафедры «Природопользование и защита окружающей среды» ФГБОУ ВО «ПГТУ», канд. техн. наук

Ц75 **Цифровизация** агропромышленного комплекса [Электронный ресурс] : сборник научных статей IV Междунар. науч.-практ. конф. В 3-х т. Тамбов, 23 – 25 октября 2024 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ПГТУ», 2024.

Т. II. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дискковод ; 8,7 Мб ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана. – ISBN 978-5-8265-2818-1.

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

**Editorial team :**

Muromtsev D. Yu. – co-chairman of the program committee, vice-rector for science and research of TSTU, dr. tech. sciences, prof.;  
Gromov Yu. Yu. – deputy chairman of the organizing committee, director of Institute “Automation and information technologies” of TSTU, dr. tech. sciences, prof.;  
Balabanov P. V. – deputy chairman of the program committee, head of the department “Mechatronics and Technological Measurements” of TSTU, dr. tech. sciences, assoc. prof.;  
Dmitrievsky B. S. – prof. of department “Information Processes and Management” of TSTU, dr. tech. sciences, prof.;  
Divin A. G. – prof. of department “Mechatronics and Technological Measurements” of TSTU, dr. tech. sciences, assoc. prof.;  
Vedishchev S. M. – head of department “Agro-engineering” of TSTU, dr. tech. sciences, prof.;  
Elizarov I. A. – assoc. prof. of department “Information Processes and Management” of TSTU, cand. of tech. sciences, assoc. prof.;  
Nazarov V. N. – assoc. prof. of department “Information Processes and Management” of TSTU, cand. of tech. sciences, assoc. prof.;  
Tretyakov A. A. – assoc. prof. of department “Information Processes and Management” of TSTU, cand. of tech. sciences, assoc. prof.;  
Orlova E. E. – Director of the Law Institute of TSTU, PhD. Jurid. of Sciences, Associate Professor  
Dolgova O. V. – St. Rev. Department of “Nature Management and Environmental Protection” of TSTU, Candidate of Technical Sciences

Ц75 **Digitalization** of the agro-industrial complex [Electronic resource] : proceedings of the III International Scientific and Practical Conference. In 3 vol. Tambov, October 23 – 25, 2024. – Tambov : Publishing center TSTU, 2024.

Vol. II. – 1 electron. optical disk (CD-ROM). – System requirements : PC not lower than class Pentium II ; CD-ROM-drive ; 8,7 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; mouse. – The title from the screen. – ISBN 978-5-8265-2818-1.

The collection includes materials from section reports that were included in the program of the IV 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 978-5-8265-2818-1 (т. II)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ПГТУ»), 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Секция 2. Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе</b> .....	9
<i>М. М. Голембиовский, Е. В. Кондрашова</i> Необходимость обеспечения информационной безопасности в роботах-тракторах (Cognitive Pilot).....	9
<i>С. М. Егоров, А. А. Rogozin</i> Обучение нейронной сети для обработки изображений в сельском хозяйстве .....	13
<i>Д. О. Ермаков, О. С. Якушов</i> Применение искусственного интеллекта в БПЛА в сфере сельского хозяйства .....	17
<i>Ю. Ю. Громов, И. Н. Ищук, В. А. Синкевич, А. А. Зенкин</i> Применение тепловых томограмм земной поверхности для интеллектуальных технологий в агропромышленном комплексе .....	21
<i>Ю. Ю. Громов, И. Н. Ищук, В. А. Синкевич, А. А. Зенкин</i> Распознавание теплофизических параметров материалов заглубленных объектов в сельском хозяйстве с использованием глубокого обучения .....	24
<i>А. А. Кривоногов, К. В. Стародубов, А. А. Елистратов, Р. В. Дорошенко</i> Подход к оценке устойчивости функционирования смарт-контрактов в агропромышленном комплексе .....	28
<i>А. А. Кривоногов, К. В. Стародубов, Р. В. Дорошенко</i> Экспертная оценка критичности дефектов смарт-контрактов в системе агропромышленных процессов .....	33
<i>Е. А. Музалевская, А. И. Козленков</i> Необходимость обеспечения информационной безопасности на агропромышленных работах.....	38
<i>А. С. Плоткин, К. В. Стародубов, А. А. Елистратов, А. В. Прокофьев</i> Классификация деструктивных воздействий на инфраструктуру ключей в системах распределенных реестров .....	42
<i>А. С. Плоткин, К. В. Стародубов, А. В. Прокофьев</i> Оценка устойчивости инфраструктуры ключей в системах распределенных реестров при их применении в агропромышленном комплексе.....	46
<i>А. Н. Потапов, В. Р. Хасанов</i> Интеллектуальная поддержка формирования системы управления планированием освоения специалистами средств радиоэлектронной борьбы для обработки информации в условиях информационного противодействия.....	50

<i>Ю. Ю. Громов, И. Н. Ищук, В. В. Родионов</i> Обнаружение и идентификация сельскохозяйственных объектов с использованием интеллектуальных технологий .....	55
<i>Ю. Ю. Громов, И. Н. Ищук, В. В. Родионов</i> Перспективы использования искусственного интеллекта для выявления подповерхностных объектов в сельском хозяйстве.....	58
<i>М. М. Смотряев</i> Принципы безопасности построения прикладного программного обеспечения для операционной системы Android, используемого в агропромышленном комплексе .....	61
<i>Ю. Ю. Громов, И. Н. Ищук, Б. К. Тельных</i> Интеллектуальный алгоритм распознавания объектов дистанционного мониторинга по данным разновременных инфракрасных изображений на основе искусственных нейронных сетей .....	64
<i>М. В. Чугунов, И. Н. Полунина, А. С. Гариков</i> Интегрированный подход к моделированию колесных мобильных роботов .....	70
<i>М. Ю. Рытов, А. М. Шапенская</i> Возможность применения БПЛА в аграрно-промышленной сфере.....	73
<i>А. А. Л. Алмали, Р. О. Китаев</i> К вопросу об актуальности применения распределенных информационных систем в сельском хозяйстве .....	77
<i>Ю. А. Захаров, А. Г. Дивин, Д. А. Любимова</i> Применение технологий машинного обучения при контроле качества изделий из композиционных материалов.....	80
<i>Абу Зетунх Хутефа Ибрахим Мухаммад</i> Система сбора гиперспектральных данных с полей сельскохозяйственных культур .....	83
<i>А. А. М. Альсаиди, В. Г. Мокрозуб</i> Структура информационной модели кожухотрубчатого теплообменника.....	85
<i>А. И. Арсланов</i> Использование подсистемы однократной аутентификации «KeyCloak» в корпоративных информационных системах компаний.....	88
<i>А. С. Табачинский, А. А. Галузин</i> Разработка метода расчета параметров сельскохозяйственной культуры для цифрового двойника растений.....	92
<i>А. А. Лысенкова, Ю. Т. Платов, Р. А. Платова, В. А. Александрова</i> Контроль качества сои с использованием портативного UV-VIS-NIR- спектрометра, гиперспектральной камеры и многомерного анализа.....	97

<i>Д. А. Любимова, А. Г. Дивин</i> Классификация дефектов растительной ткани яблок с применением метода случайного леса.....	101
<i>И. А. Ветров, В. В. Подтопельный, А. Н. Ильишов, А. Г. Жестовский</i> Роль современных систем искусственного интеллекта в процессах аудита ИБ .....	105
<i>А. Н. Потапов, А. М. Тюнина, Н. А. Черный, А. В. Бунин</i> Применение кластеризации для обработки информации в системе управления сложными объектами.....	110
<i>Д. А. Бобров, В. А. Бугров, С. А. Сенкевич</i> Беспилотный летательный аппарат для гиперспектрального контроля плодоовощных культур.....	114
<i>А. С. Табачинский, А. О. Стрижаков, Е. В. Кудряков</i> Создание физиологических сортовых моделей зерновых культур для базы знаний цифрового двойника растений .....	118
<i>Г. К. Тевяшов</i> Киберфизические системы в аквакультуре .....	123
<i>М. А. Ивановский, И. А. Дьяков, И. А. Глазкова</i> Анализ компонентов модели интеллекта полиэргатической системы.....	126
<i>М. А. Ивановский, И. А. Дьяков, И. А. Глазкова</i> Анализ вариантов представления структур полиэргатической системы.....	131
<i>М. А. Ивановский, И. А. Дьяков, И. А. Глазкова</i> Концептуальное представление структур системы .....	135
<i>М. А. Ивановский, И. А. Дьяков, И. А. Глазкова</i> Модель формирования конфигурации аппаратных средств для задач полиэргатической системы .....	140
<i>М. А. Ивановский, И. А. Дьяков, И. А. Глазкова</i> Предельное целевое качество полиэргатической системы на основе обобщенной модели гомеостаза .....	145
<i>М. А. Ивановский, И. А. Дьяков, И. А. Глазкова</i> Влияние интеллекта на цели поведения эргатической системы.....	149
<i>Р. Р. Ковалев, В. А. Юдаев, А. С. Егоров, А. Г. Дивин</i> Универсальная роботизированная платформа сельскохозяйственного назначения.....	154
<i>А. А. Комиссаров, В. А. Юдаев, А. С. Егоров, П. В. Балабанов</i> Интеллектуальный комплекс прогнозирования хранения и сортировки плодоовощной продукции .....	157
<i>Д. В. Арапов</i> Нейросетевое моделирование в оценке показателей качества хранения корнеплодов сахарной свеклы.....	160

<i>Д. В. Арапов</i> Применение нейросетевого моделирования для расчета коэффициента пересыщения свеклосахарных растворов.....	163
<i>А. А. Киселев, В. М. Белов</i> Защита электронной почты от «СПАМ» с использованием наивного байесовского подхода .....	165
<i>Э. Э. Голуб, Аль-Судани Зайд Али Хуссейн, Шамсулдин Хайдар Абдулваххаб Х.</i> Применение дронов и ИИ для сбора и анализа почвы: оптимизация севооборота сельскохозяйственных полей.....	168
<i>Н. В. Гомзов</i> Применение алгоритмов кластеризации для анализа агроландшафтов.....	171
<i>Н. В. Гомзов</i> Интеллектуальная система предсказания урожайности на основе кластерного анализа .....	174
<i>Ю. А. Губсков, С. М. Каданцев</i> Прогнозирование временных рядов в средствах навигации беспилотных летательных аппаратов в системе точного земледелия.....	177
<i>Ю. А. Губсков, С. М. Каданцев</i> Технология кластерного анализа в системах машинного зрения полевой сельскохозяйственной техники .....	180
<i>К. А. Слезин</i> Интеллектуальная система оптимизации маршрутов удобрения агрокультур с использованием БПЛА .....	183
<i>К. А. Слезин</i> Методы оптимизации размещения метеорологических станций.....	186
<i>Ю. Ю. Громов, И. Н. Ищук, Б. К. Тельных</i> Алгоритм вероятностной оценки состояний беспилотного летательного аппарата в полете с интеллектуальными средствами планирования и выполнения полетных заданий .....	190
<b>Секция 3. Машины, оборудование и технологии для производства и глубокой комплексной переработки сельскохозяйственной продукции .....</b>	<b>196</b>
<i>Д. Д. Афоничева</i> Повышение эффективности вентилирования сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах .....	196
<i>А. О. Сухова, М. А. Булгаков, А. А. Башкатов</i> Исследование воздействия полезного использования вторсырья в АПК....	200
<i>А. О. Сухова, М. А. Булгаков, А. А. Башкатов</i> Влияние продуктов термоокислительной деструкции полиэтилена высокой плотности (HDPE2) на состояние здоровья сотрудников АПК.....	203

<i>В. В. Васильев, Д. Н. Афоничев</i> Увеличение продольного хода робота в теплице.....	206
<i>В. В. Васильев</i> Повышение надежности телескопического манипулятора.....	209
<i>Д. Н. Коновалов, С. И. Лазарев, Д. Д. Коновалов</i> Применение электробаромембранного аппарата плоскокамерного типа для разделения и концентрирования технологических растворов АПК.....	212
<i>М. Е. Выгузов, С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, Т. М. Ковалева</i> Программа экспериментальных исследований смесителя с активным каналом обратного хода.....	216
<i>В. С. Жариков, А. И. Завражнов, С. М. Ведищев</i> Исследование процесса воздействия сосковой резины на сосок животного.....	219
<i>А. А. Кажияхметова, М. К. Бралиев</i> Обоснование смесителя с активным каналом обратного хода.....	222
<i>Е. Б. Ложкина, С. М. Ведищев, В. В. Коновалов, Т. М. Ковалева</i> Смеситель сыпучих кормосмесей.....	225
<i>С. А. Никишин, К. В. Немтинов</i> Разработка системы контроля фронтального погрузчика.....	228
<i>Х. Фарур</i> Каскадный гравитационный смеситель сыпучих материалов.....	232
<i>Б. С. Т. Таха</i> Возможности применения технологий очистки воды в процессах переработки сельскохозяйственной продукции.....	235
<i>Кадум Али Хуссейн Кадум</i> Высокопористый углеродный материал на основе кукурузного крахмала для эффективного удаления органических загрязнителей из водных сред.....	238
<i>А. В. Акименко, Е. А. Аникеев</i> Применение системы управления факелом распыла для повышения равномерности полива сельскохозяйственных культур всерными дождевальными установками при наличии ветра.....	242
<i>Д. С. Баршутина, Л. Е. Коваленко, С. Н. Баршутин</i> Перспектива применения МГД-устройств в агропромышленном комплексе.....	246
<i>М. В. Елина, Д. В. Потанин, Е. А. Маслич</i> Перспективы использования вторичных продуктов производства отрасли сельского хозяйства.....	248
<i>М. А. Ерусланова, К. В. Немтинов</i> Разработка электронной модели и физического прототипа сеялки прямого посева зерновых культур.....	253



<i>Г. М. Киясова</i> Применение электромембранной технологии в очистке технологических вод, используемых в агропромышленных производствах .....	257
<i>А. Ю. Конев, А. Ю. Глазков, Н. В. Хольшев, С. М. Ведущев, А. В. Прохоров</i> Применение ROCKY DEM для расчета мощности на процесс смешивания .....	260
<i>М. М. Раззак, В. Ю. Глазков, М. А. Букина</i> Анализ исследований использования добавок водорода и водородо-содержащих соединений в ДВС .....	264
<i>Д. С. Баршутина, Н. О. Сорока, С. Н. Баршутин</i> Исследование влияния длины волны инфракрасного излучения на интенсивность поглощения в водных растворах сахара .....	267
<i>А. Н. Тимиргалиев, И. В. Буракова, С. О. Рыбакова, О. А. Ананьева, Д. А. Бадин, В. О. Яркин, Т. С. Кузнецова, А. Е. Бураков</i> Получение нанокпозиционных сорбентов гидротермальной карбонизацией сельскохозяйственных отходов переработки рапса, модифицированных углеродными наноматериалами .....	269
<i>В. Е. Чуйков</i> К обоснованию направления совершенствования конструкции измельчителя зерна .....	273
<i>М. Н. Шутов, В. П. Терюшков</i> Актуальность совершенствования конструкций шнековых смесителей .....	275
<i>А. И. Завражнов, А. А. Завражнов, А. А. Земляной, В. Ю. Ланцев, Б. С. Мишин, О. А. Полякова</i> Концепт барабанного высевающего аппарата с торцевым расположением присасывающих ниппелей .....	278
<i>Д. В. Никитин, В. А. Чурпита, Г. В. Рыбин, А. Г. Павлов</i> Повышение эффективности вакуум-транспортных систем для перемещения сухого растительного сырья с помощью средств автоматизации и контроля .....	283
<i>Д. В. Никитин, Н. В. Еричев, А. Г. Павлов, Н. Г. Солошенко</i> Многофункциональная гравитационно-конвекционная установка на твердом топливе – инновационное решение к повышению энергоэффективности и рационального использования ресурсов в животноводстве и растениеводстве .....	287
<i>Ю. В. Родионов, И. А. Елизаров, Г. В. Рыбин, А. Д. Шипилова</i> Экспериментальная автоматизированная установка комбинированной вакуум-импульсной сушки .....	292
<i>Д. В. Никитин, В. Н. Назаров, Г. В. Рыбин, М. С. Костромин</i> Экспериментальная вакуум-импульсная экстракционная установка с автоматизированной системой управления .....	296

**Секция 2**  
**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**  
**В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

---

---

УДК 004.056

**М. М. Голембиовский, Е. В. Кондрашова**  
(Кафедра «Системы информационной безопасности»,  
ФГБОУ ВО «БГТУ», г. Брянск, Россия,  
e-mail: maksim32region@yandex.ru, kondrashova\_katerina@bk.ru)

**НЕОБХОДИМОСТЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ**  
**БЕЗОПАСНОСТИ В РОБОТАХ-ТРАКТОРАХ**  
**(COGNITIVE PILOT)**

*Аннотация.* В активной фазе развития и повсеместного распространения находятся системы искусственного интеллекта, в том числе и в аграрной промышленности. На это обстоятельство накладывается текущая геополитическая обстановка в мире, которая приводит к тому, что для нарушителей безопасности актуальность приобретают мотивы дискредитации различных предприятий страны и госкорпораций, а также получение разведанных различного характера. В рамках статьи рассмотрены возможные последствия атаки и необходимость обеспечения информационной безопасности в роботах-тракторах (Cognitive Pilot).

*Ключевые слова:* информационная безопасность, искусственный интеллект, Cognitive Pilot.

**М. М. Golembiowsky, E. V. Kondrashova**  
(Department of Information Security Systems,  
BSTU, Bryansk, Russia)

**THE NEED TO ENSURE INFORMATION SECURITY**  
**IN TRACTOR ROBOTS (COGNITIVE PILOT)**

*Abstract.* Artificial intelligence systems are in an active phase of development and widespread distribution, including in the agricultural industry. This circumstance is influenced by the current geopolitical situation in the world, which leads to the fact that motives for discrediting various enterprises of the country and state corporations, as well as obtaining intelligence of various types, become relevant for security violators. The article considers the possible consequences of the attack and the need to ensure information security in tractor robots (Cognitive Pilot).

*Keywords:* information security, artificial intelligence, Cognitive Pilot.

Значимость обеспечения информационной безопасности объектов неуклонно растет во всех сферах деятельности человека. Однако несмотря на то, что важность данных процессов оценена на уровне государства, на практике руководителями отдельных предприятий и комплексов не до конца понимается вся серьезность рассматриваемого вопроса. Нередко это происходит из-за убеждения, что масштаб или сфера деятельности предприятия не представляют интереса для злоумышленника, в то время как данный показатель оценки необходимости защиты объекта более чем относителен.

В активной фазе развития и повсеместного распространения находятся системы искусственного интеллекта. Навыки искусственного разума позволяют его внедрять во многих сферах нашей жизни – наука, транспорт, пусковые системы, аналитические системы, данный список можно продолжать бесконечно. На это обстоятельство накладывает текущая геополитическая обстановка в мире, которая приводит к тому, что финансовые мотивы злоумышленников уходят на второй план и актуальность приобретают мотивы нарушения рабочих процессов для дискредитации различных предприятий страны и корпораций, а также получение разведанных различного характера. Данная мотивация смещает фокус с привычных приоритетов с точки зрения защиты. Если раньше это была преимущественно банковская сфера и персональные данные, то сейчас не столь очевидные сферы также находятся под ударом.

Одной из таких сфер является агропромышленность. Статистические данные [1] в том числе подтверждают, что направление главного удара сместилось на сервисы аграрного сектора, учебных заведений и логистических компаний. Если предприятия используют системы искусственного интеллекта, то согласно аналитическим отчетам Positive Technologies [2] они также представляют для злоумышленников отдельный интерес. Например, в мае 2024 года эксперты обнаружили новую операцию, направленную на исследовательские организации в области искусственного интеллекта. Злоумышленники использовали ВПО для удаленного управления SugarGh0st в целях получения непубличной информации, связанной с генеративным искусственным интеллектом.

На фоне сложившейся обстановки и совокупности статистических факторов происходит развитие одного из важных механизмов в агросфере – систем искусственного интеллекта для обеспечения работы беспилотных тракторов. Ранее для данных целей применялись системы западного производства, но курс на импортозамещение требовал разработки отечественных решений.

Такое решение было предложено специалистами компании «Cognitive Pilot» (дочернее предприятие «Сбера» и «Cognitive Technologies»). Они разработали системы автономного управления сельхозтехникой Cognitive Agro Pilot, функционирующие на основе искусственного интеллекта.

В системе Cognitive Agro Pilot объединены возможности компьютерного зрения и спутниковой навигации, что, помимо высокой точности позиционирования, обеспечивает защиту от помех. Системе под силу почти все операции, которые выполняет трактор: обработка почвы, культивация, сев, опрыскивание, внесение удобрений, уборка трав, уход за пропашными культурами и т.д.

Помимо этого, она обладает высоким уровнем интерактивности, позволяет автоматически передавать в мессенджеры владельцев тракторов отчеты о ходе работы техники, включающие данные о том, сколько трактор отработал, в каком режиме, за какое время, на каком участке. В настоящее время система уже получила массовое распространение и эксплуатируется более чем в 15 регионах страны.

Необходимость обеспечения информационной безопасности в работах-тракторах является критической, особенно в совокупности со сложившейся общемировой обстановкой.

Одним из очевидных последствий атаки является порча урожая и отравление пахотных земель, например при проведении опрыскивания. В случае массовой атаки на всю сеть данной системы это может привести к серьезному ущербу самой промышленности, дискредитации российского сельхозрынка, огромным убыткам со стороны фермеров, а также, в худшем из возможных сценариев, к нанесению вреда здоровью большого количества людей, в случае если урожай на этапе проверки будет допущен до продажи.

Но также присутствует и другая менее очевидная, но более опасная угроза. Системы управляются на основе спутниковой навигации и могут в случае атаки и взлома передавать в руки заинтересованных лиц координаты местонахождения и маршруты техники. По ним можно наводить огонь. Есть информация о таких случаях, когда на территориях в зоне СВО шла наводка по тракторам с западными системами на основе спутниковой навигации (из интервью главы компании «Cognitive Pilot» Ольги Усковой агентству ТАСС. Импортзамещение решила проблему того, что чувствительные данные уходят напрямую в информационные системы недружественных стран, однако вероятность атаки на отечественные информационные системы сохраняется, делая угрозу более сложной в реализации, но тем не менее реальной.

Таким образом, комплексная защита и обеспечение информационной безопасности систем роботизации тракторов являются одной из критически важных задач, поскольку успешная атака на данные типы систем может привести к глобальным последствиям государственного масштаба и нанесению вреда репутации власти, здоровью граждан, а также существенным убыткам частного бизнеса.

#### ***Список использованных источников***

1. Газета «Коммерсантъ»: хакеры приступили к сбору урожая [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.kommersant.ru/doc/6095159>, свободный (дата обращения: 02.09.2024).
2. Актуальные киберугрозы: II квартал 2024 года [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/aktualnye-kiberugrozy-ii-kvartal-2024-goda/#id5>, свободный (дата обращения: 02.09.2024).
3. «Дочка» Сбера заменит зарубежные автопилоты на агротехнике для безопасности фермеров РФ [Электронный ресурс]. – URL : <https://tass.ru/ekonomika/16751397>, свободный (дата обращения: 02.09.2024).

#### ***References***

1. Kommersant newspaper: hackers have started harvesting [Electronic resource]. – URL : <https://www.kommersant.ru/doc/6095159>, free (Accessed: 02.09.2024).
2. Current cyber threats: II quarter of 2024 [Electronic resource]. – URL : <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/aktualnye-kiberugrozy-ii-kvartal-2024-goda/#id5>, free (Date of application: 09/02/2024).
3. The “daughter” of the Savings Bank will replace foreign autopilots on agricultural machinery for the safety of farmers of the Russian Federation [Electronic resource]. – URL : <https://tass.ru/ekonomika/16751397>, free (Accessed: 02.09.2024).

**С. М. Егоров, А. А. Рогозин**

(Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный), г. Тамбов, Россия, e-mail: nauchnajarota@yandex.ru)

## **ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

*Аннотация.* Рассмотрены основные этапы обучения модели нейронной сети для определения объектов в реальном времени на основе архитектуры YOLOv8.

*Ключевые слова:* нейронная сеть, сверточная нейронная сеть, сельское хозяйство, YOLOv8.

**S. M. Egorov, A. A. Rogozin**

(Interspecific Center for training and combat use of electronic Warfare troops (training and testing), Tambov, Russia)

## **NEURAL NETWORK TRAINING FOR IMAGE PROCESSING IN AGRICULTURE**

*Abstract.* This article discusses the main stages of training a neural network model for determining objects in real time based on the YOLOv8 architecture.

*Keywords:* neural network, convolutional neural network, agriculture, YOLOv8.

С момента изобретения компьютеров их способность выполнять различные задачи значительно расширилась. Их научили слушать и понимать речь, проговаривать текст, распознавать объекты на рисунках и в видеофайлах, управлять беспилотными автомобилями и летательными аппаратами, писать стихи, музыку, распознавать эмоции людей и т.п.

Нейронная сеть по своей сути представляет некую математическую модель и ее программную реализацию, которая в упрощенном виде воссоздает работу биологической нейронной сети человека [1].

Пример простейшей нейронной сети: перцептрон. Математически перцептрон можно выразить так, как показано на рис. 1.

Нейронная сеть дает возможность компьютеру или роботу, управляемому компьютером, мыслить и принимать решения разумно, подобно тому, как думают и действуют люди. Нейронная сеть работает, как и мозг человека, она учится, набирается опыта, а затем на практике использует результаты своего обучения.

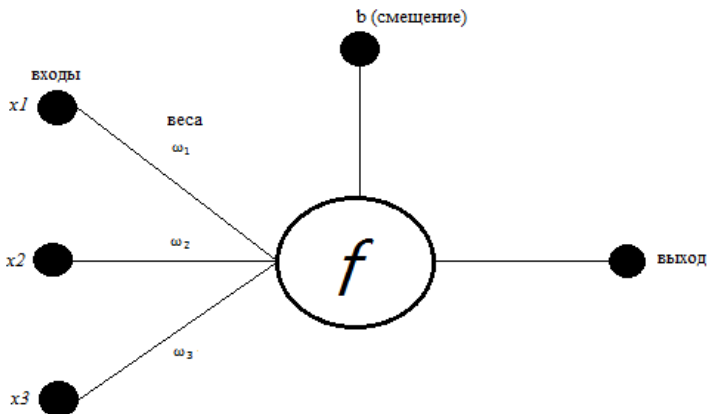


Рис. 1. Пример перцептрона

Алгоритм YOLOv8 использует для обнаружения объектов сверточные нейронные сети. Это один из самых быстрых алгоритмов обнаружения объектов. К нему имеет смысл прибегать, когда требуется обнаружение объектов в режиме реального времени при незначительной потере точности. Таким образом, он не только классифицирует изображение в категорию, но также может обнаружить на изображении несколько объектов. Этот алгоритм применяет к полному изображению одну нейронную сеть – эта сеть делит изображение на области и показывает ограничивающие рамки, а также указывает в обработанном изображении точность обнаружения объектов для каждой выделенной области, рис. 2 [2, 3].

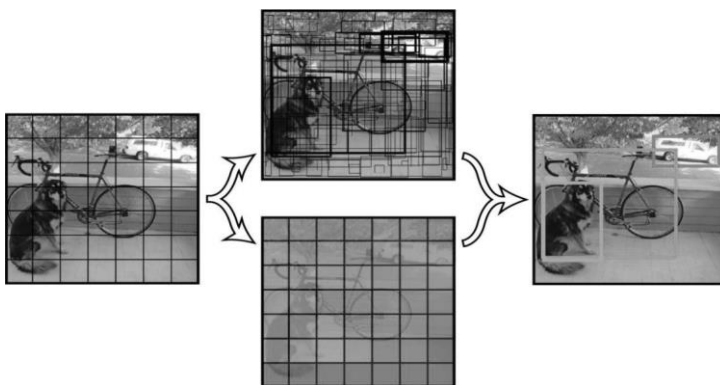
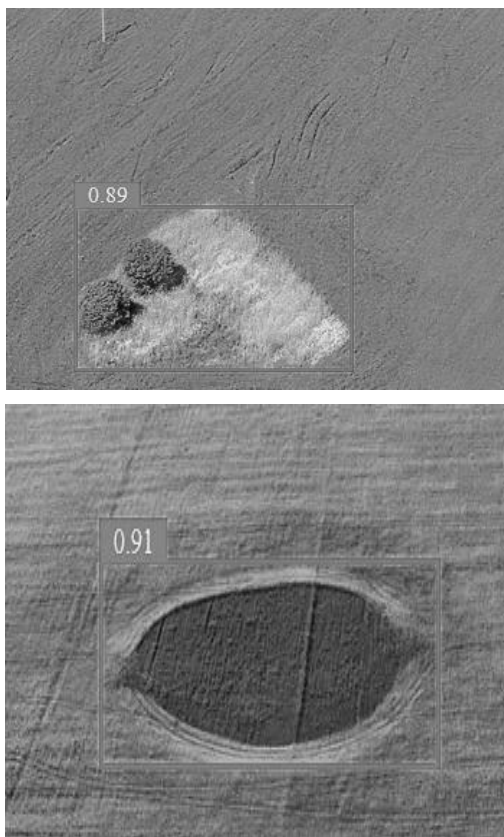


Рис. 2. Принцип работы YOLO

Большинство современных детекторов объектов реализуют комбинацию классификации и регрессии ограничивающей рамки. Классификация пытается предсказать класс объекта в области изображения, а регрессия ограничивающей рамки пытается определить область расположения объекта, предсказывая самую узкую рамку, содержащую объект.

Например, стоит задача определить с помощью камеры на БПЛА участки, где плохо растет сельскохозяйственная культура. Для того чтобы обучить нейронную сеть определять конкретный объект, нужно собрать базу данных изображений непросеянных участков в полях. После чего выделить дефекты ограничивающей рамкой в программе LabelImg, и когда все изображения будут обработаны, можно начинать обучение нейронной сети (рис. 3).



**Рис. 3. Результат обучения нейронной сети**



### ***Список использованных источников***

1. Компьютерное зрение. Современные методы и перспективы развития / ред. Р. Дэвис, М. Терк ; пер. с англ. В. С. Яценкова. – М. : ДМК Пресс, 2022. – 690 с.
2. Искусственный интеллект и компьютерное зрение. Реальные проекты на Python, Keras и TensorFlow. – СПб. : Питер, 2023. – 624 с.
3. Основы искусственного интеллекта в примерах на Python. Самоучитель. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2024. – 448 с.

### ***References***

1. Computer vision. Modern methods and prospects of development / ed. R. Davis, M. Terek ; translated from the English by V. S. Yatsenkova. – M. : DMK Press, 2022. – 690 p.
2. Artificial intelligence and computer vision. Real projects in Python, Keras and TensorFlow. – St. Petersburg : St. Petersburg, 2023. – 624 p.
3. The basics of artificial intelligence in Python examples. Self-instruction. – 2nd ed., reprint. and additional. – St. Petersburg : BHV-Petersburg, 2024. – 448 p.

**Д. О. Ермаков, О. С. Якушов**

(Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный), г. Тамбов, Россия, e-mail: nauchnajarota@yandex.ru)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В БПЛА В СФЕРЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

*Аннотация.* Данная статья является обзором на применение искусственного интеллекта в области беспилотных летательных аппаратов в современных реалиях. В частности, статья затрагивает такие темы, как роль БПЛА в обеспечении безопасности, направление распределений областей применения БПЛА в сфере безопасности и сельского хозяйства, разбор работы бортовой нейросети, а также постоянное обучение и самообучение систем.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, искусственный интеллект, машинное зрение, нейросети, автономность, безопасность, сельское хозяйство.

**D. O. Ermakov, O. S. Yakushova**

(Interspecific Center for training and combat use of electronic Warfare troops (training and testing), Tambov, Russia)

## **THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN UAVS IN THE FIELD OF AGRICULTURE**

*Abstract.* This article is a review of the application of artificial intelligence in the field of unmanned aerial vehicles in modern realities. In particular, the article touches on such topics as the role of UAVs in ensuring safety, the direction of distribution of UAV applications in the field of security and agriculture, analysis of the on-board neural network, as well as continuous training.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, artificial intelligence, machine vision, neural networks, autonomy, security, agriculture.

2023 год вывел беспилотные летательные аппараты на новый уровень практического применения как для обеспечения сферы безопасности, так и для реализации угроз или нанесения террористических или диверсионных атак. Однако не все дроны одинаково устроены – от технологий, заложенных в дрон, существенно зависят их возможности. Заглянув внутрь современных моделей, можно выделить тренды, обеспечивающие их преимущества: нейросетевые технологии (бортовой искусственный интеллект), защищенные каналы дальней связи, мультиспектральные сенсоры и инерциальные системы навигации.

### Искусственный интеллект в видеоаналитике дрона

История беспилотных летательных аппаратов началась в 1933 году. С 1945 года дроны стали применять для аэрофотосъемки. В 1980-х годах их начали оснащать цифровыми камерами. Современная видеоаналитика основана на компьютерной технологии, использующей методы компьютерного зрения. Эта технология позволяет анализировать изображения, поступающие с видеокамер дрона в режиме реального времени. ПО с видеоконтентом работает на основе алгоритмов машинного зрения. Это позволяет вести видеомониторинг и производить анализ данных без участия человека на борту БВС или в НСУ.

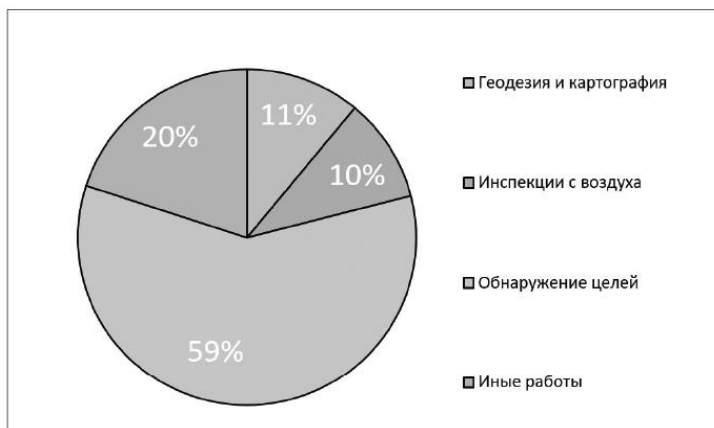


Рис. 1. Распределение направлений применения дронов в сфере безопасности

### Принцип работы бортовой нейросети

В основе обработки видеопотоков и фотографий, которая проводится на борту, лежат те же принципы, что и при обнаружении событий и объектов на земле. Ключевыми требованиями к искусственному интеллекту на борту являются его компактность, низкое энергопотребление и небольшой вес при сохранении вычислительных возможностей. В процессе обучения нейросеть распределяет все объекты по группам. Для каждого объекта можно определить, к какому кластеру он больше относится, а к какому – меньше. Также в процессе обучения формируется «мусорный кластер» – группа, в которую попадают некачественные изображения [1].

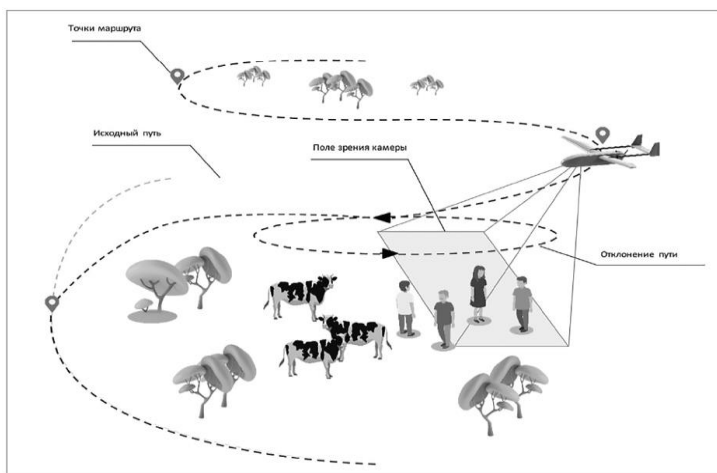
Дроны стали широко применяться благодаря своей мобильности. Беспилотные авиационные системы (БАС), построенные по принципу

вертикального взлета и посадки (VTOL), могут взлетать без предварительной подготовки и приземляться без использования специальных площадок. Это позволяет им оперативно приступить к работе: время от разворачивания до начала полета составляет всего несколько минут (рис. 2). Чтобы увеличить время полета, в качестве маршевого двигателя в таких системах используют двигатель внутреннего сгорания (ДВС).

Бортовой модуль идентификации объекта, основанный на глубоком обучении, может с достаточной производительностью (задержка и точность) захватывать и выводить содержимое изображения [2]. Автопилот беспилотного воздушного судна (БВС) может динамически планировать маршрут, используя информацию с камер и потенциальные поля для навигации между путевыми точками (рис. 3).



**Рис. 2. БВС типа VTOL, оснащенный гиросtabilизированной камерой наблюдения**



**Рис. 3. Динамическая корректировка маршрута по результатам детекции**

В целях охраны и физической защиты объектов наиболее эффективно использовать сдвоенные камеры, которые создают изображение в видимом и инфракрасном диапазонах. Тепловизионные камеры позволяют преодолеть ограничения, характерные для обычных камер (например, они облегчают распознавание объектов на фоне и мониторинг в темное время суток), а системы искусственного интеллекта на борту обеспечивают обнаружение с точностью до 98%.

#### *Список использованных источников*

1. Шилов О. Дроны, искусственный интеллект и нейросети [Электронный ресурс] // Системы безопасности security and safety : [сайт]. – 2022. – URL : <https://www.secuteck.ru/articles/drony-iskusstvennyj-intellekt-i-nejroseti> (дата обращения: 01.05.2024).

2. Клетте, Р. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы / Р. Клетте ; пер. с англ. А. А. Слинкин. – М. : ДМК Пресс, 20019. – 506 с.

#### *References*

1. Shilov O. Drones, artificial intelligence and neural networks [Electronic resource] / O. Shilov // Security and safety systems : [website]. – 2022. – URL : <https://www.secuteck.ru/articles/drony-iskusstvennyj-intellekt-i-nejroseti> (date of application: 05/01/2024).

2. Klette, R. Computer vision. Theory and algorithms / R. Klette ; translated from English by A. A. Slinkin. – M. : DMK Press, 20019. – 506 p.

**Ю. Ю. Громов<sup>1</sup>, И. Н. Ищук<sup>2</sup>, В. А. Синкевич<sup>3</sup>, А. А. Зенкин<sup>3</sup>**  
(<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,

e-mail: gromovtambov@yandex.ru;

<sup>2</sup>Главное управление инновационного развития, Москва, Россия,  
e-mail: boerby76@mail.ru;

<sup>3</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ТОМОГРАММ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

*Аннотация.* Рассмотрен метод построения тепловых томограмм для обнаружения скрытых подповерхностных объектов и их значимость для современных технологий наблюдения и изучения земной поверхности.

*Ключевые слова:* земная поверхность, теплофизические параметры, идентификация, тепловой режим, тепловые томограммы.

**Yu. Yu. Gromov<sup>1</sup>, I. N. Ishchuk<sup>2</sup>, V. A. Sinkevich<sup>3</sup>, A. A. Zenkin<sup>3</sup>**  
(<sup>1</sup>TSTU, Tambov, Russia;

<sup>2</sup>The Main Department of Innovative Development, Moscow, Russia;

<sup>3</sup>Military Training and Research Center of the Air Force  
“Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky  
and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russia)

## **APPLICATION OF THERMAL TOMOGRAMS OF THE EARTH'S SURFACE FOR INTELLIGENT TECHNOLOGIES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

*Abstract.* The article considers the method of constructing thermal tomograms for detecting hidden subsurface objects and their significance for modern technologies of observation and study of the Earth's surface.

*Keywords:* the Earth's surface, thermophysical parameters, identification, thermal regime, thermal tomograms.

Тепловые томограммы земной поверхности предоставляют уникальные возможности для интеллектуальных технологий в агропромышленном комплексе, позволяя: оптимизировать управление водными ресурсами: точное знание теплофизических параметров поч-

вы позволяет оптимизировать режимы полива, снижая расход воды и повышая урожайность; повысить эффективность внесения удобрений: тепловые томограммы помогают выявлять участки с повышенной или пониженной плодородностью, что позволяет дифференцированно вносить удобрения и повышать их эффективность; прогнозировать урожайность и сроки созревания: тепловые характеристики почвы влияют на рост и развитие растений (анализируя тепловые томограммы, можно прогнозировать урожайность и сроки созревания культур); выявлять проблемы с почвой: тепловые томограммы могут обнаруживать участки с уплотнением, засолением или другими проблемами, которые могут негативно влиять на рост растений [1, 2].

Исходными данными для обработки служат тепловые томограммы, сформированные в виде кубоидов инфракрасных изображений. Сегментация этих изображений с помощью нейросетевого алгоритма на базе нейронной сети U-NET позволяет выделить пиксели, принадлежащие фону (такие как «грунт», «травяной покров», «асфальтовая дорога», «железобетонная плита» и т.д.). Для каждой элементарной поверхности, образованной сегментированными пикселями, строится математическая модель радиационного теплообмена [3]. Эта модель представляет собой прямую задачу теплопроводности для изотропного тела с граничными условиями, описывающими тепловой баланс земной поверхности. Решение прямой задачи позволяет оценить теплофизические параметры элементарной поверхности, такие как теплопроводность и теплоемкость.

Сформированный программный код позволяет задать установившуюся тепловую модель с заданной геометрией. Модель настраивается для задания граничных условий, определения теплофизических свойств материалов и решения уравнений теплопроводности. Граничные условия определяют тепловой режим на границах модели, что необходимо для решения уравнений теплопроводности.

Решение прямой задачи теплопроводности на поверхности тепловой модели грунта позволяет визуализировать распределение температуры в заданном узле в определенный момент времени. Целевая функция используется для подгонки параметров тепловой модели грунта. Она измеряет несоответствие между смоделированными и измеренными температурами.

Достигнутая абсолютная погрешность моделирования не превышает 1 °С, что свидетельствует о высокой точности предлагаемого подхода. Для приближенного решения прямой задачи теплопроводности используется финитная функция источника тепла. Эта функция представляет собой математическое выражение, описывающее распределение теплового потока во времени и пространстве.

Идентификация 24 коэффициентов финитной функции, аппроксимирующих почасовое изменение теплового потока, реализована с использованием генетического алгоритма. В данном случае генетический алгоритм используется для поиска оптимальных значений коэффициентов финитной функции, которые минимизируют погрешность моделирования.

Геометрическая модель грунта включает скрытый объект с идеальным тепловым контактом. Это предположение упрощает модель и делает ее более управляемой, сохраняя при этом ее основную физическую суть.

В заключение следует отметить, что методы построения тепловых томограмм земной поверхности являются важным инструментом для интеллектуальных технологий в агропромышленном комплексе, предоставляя ценную информацию о почвенных условиях, подземных структурах и качестве почвы. Эти данные могут быть использованы для оптимизации сельскохозяйственного производства, обеспечения устойчивости и повышения общего благосостояния агропромышленного комплекса. В связи с этим дальнейшее развитие и совершенствование этих методов открывает новые возможности для применения в различных областях исследований и практического использования.

#### *Список использованных источников*

1. Бекешко, Н. А. Инфракрасный метод обнаружения скрытых дефектов в сопротивлениях / Н. А. Бекешко, П. К. Ощепков // Дефектоскопия. – 1965. – № 5. – С. 30 – 33.
2. Дистанционная диагностика изотропных материалов комплексами БЛА / Ю. Ю. Громов, Ю. А. Губсков, И. Н. Ищук, А. В. Парфирьев // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – № 8. – С. 46 – 50.
3. Математическая модель автоматизированной системы испытаний ИК-заметности объектов в условиях неопределенности / Ю. Ю. Громов, А. М. Балюков, И. Н. Ищук, И. В. Ворсин // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – № 7. – С. 12 – 19.

#### *References*

1. Bekeshko, N. A. Infrared method for detecting hidden defects in resistances / N. A. Bekeshko, P. K. Oshchepkov // Flaw detection. – 1965. – No. 5. – P. 30 – 33.
2. Remote diagnostics of isotropic materials by UAV complexes / Yu. Yu. Gromov, Yu. A. Guskov, I. N. Ishchuk, A. V. Porfiriev // Industrial automated control systems and controllers. – 2014. – No. 8. – P. 46 – 50.
3. A mathematical model of an automated system for testing the IR visibility of objects in conditions of uncertainty / Yu. Yu. Gromov, A. M. Balyukov, I. N. Ishchuk, I. V. Vorsin // Industrial automated control systems and controllers. – 2014. – No. 7. – P. 12 – 19.



**Ю. Ю. Громов<sup>1</sup>, И. Н. Ищук<sup>2</sup>, В. А. Синкевич<sup>3</sup>, А. А. Зенкин<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: gromovtambov@yandex.ru;

<sup>2</sup>Главное управление инновационного развития, Москва, Россия,  
e-mail: boerby76@mail.ru;

<sup>3</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия)

## **РАСПОЗНАВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛОВ ЗАГЛУБЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ**

*Аннотация.* Предлагается метод распознавания теплофизических параметров материалов заглубленных объектов в сельском хозяйстве с использованием глубокого обучения.

*Ключевые слова:* земная поверхность, теплофизические параметры, идентификация, тепловой режим, тепловые томограммы.

**Yu. Yu. Gromov<sup>1</sup>, I. N. Ishchuk<sup>2</sup>, V. A. Sinkevich<sup>3</sup>, A. A. Zenkin<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>TSTU, Tambov, Russia;

<sup>2</sup>The Main Department of Innovative Development, Moscow, Russia;

<sup>3</sup>Military Training and Research Center of the Air Force  
“Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky  
and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russia)

## **RECOGNITION OF THERMOPHYSICAL PARAMETERS OF MATERIALS OF BURIED OBJECTS IN AGRICULTURE USING DEEP LEARNING**

*Abstract.* This article proposes a method for recognizing the thermophysical parameters of materials of buried objects in agriculture using deep learning.

*Keywords:* the Earth's surface, thermophysical parameters, identification, thermal regime, thermal tomograms.

Мультиспектральные оптико-электронные системы (МОЭС), размещенные на борту беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), обеспечивают получение большого объема информации об объектах и подстилающей поверхности, включая скрытые подповерхностные объекты (СПО). Обработка изображений, получаемых с МОЭС, позволяет строить карты дополнительных признаков объектов, связанных с их теплофизическими параметрами [1].

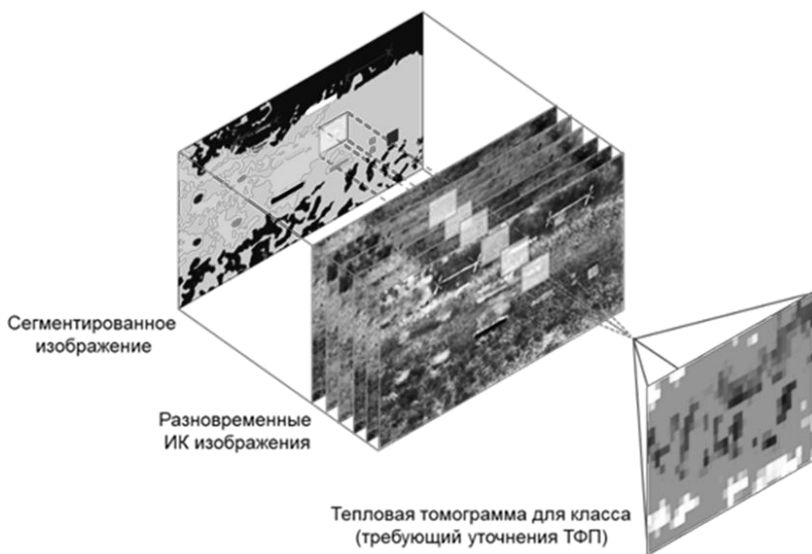
В процессе решения обратных задач теплопроводности для определения теплофизических параметров объектов с помощью тепловизионной аппаратуры необходимы как методы прямого решения этих задач, так и методы обработки получаемой информации [2]. Применение глубокого обучения к данным теплофизических параметров может значительно улучшить точность и эффективность обнаружения и классификации заглубленных объектов в сельском хозяйстве. В данном исследовании для обучения нейронной сети (НС) был сформирован кубоид из одновременных изображений в видимом и ИК-диапазонах длин волн. Для обработки одновременных изображений наиболее эффективным алгоритмом оказалась нейросетевая архитектура U-Net [3].

В процессе сегментации НС кубоида изображений было получено псевдоцветное изображение. Точность сегментации зависит от объема обучающей выборки, сезонных отличий и состояния погоды.

Одним из способов повышения точности и достоверности результатов сегментации является дистанционная оценка (ДО) теплофизических параметров (ТФП) СПО в заданных точках изображения. ДО ТФП базируется на решении прямой задачи теплопроводности. Исходными данными для дальнейшей обработки является сформированный кубоид изображений. Пространственное распределение термодинамических значений температур на поверхностях интересующих объектов вычисляется с применением закона Стефана–Больцмана и учетом коэффициента излучательной способности поверхности. Значение данного коэффициента определяется табличным способом на основе полученных изображений.

Далее разработана математическая модель распределения температурных полей, которая описывает пространственное и временное распределение температуры на заданной поверхности. На границах областей, представляющих объекты, заданы граничные условия для искомой функции, отражающие взаимодействие тепловых процессов внутри выделенного тела с процессами в окружающих средах. Для решения коэффициентной обратной задачи теплопроводности (КОЗТ) и получения численных оценок ТФП среды в используемой математической модели применен генетический алгоритм (ГА). В реализации ГА оптимизировались три ТФП: теплопроводность, удельная теплоемкость и плотность. Использование ГА для решения КОЗТ позволило построить томограммы с минимально возможной погрешностью в оценках теплопроводности, теплоемкости и плотности.

На рисунке 1 показан процесс уточнения ТФП и обнаружения СПО, которые неразличимы в видимом или отдельных инфракрасных диапазонах.



**Рис. 1. Схема уточнения ТФП в области залегания СПО**

Обработка данных приводит к получению кластеризованного изображения кубоида, на котором выделяются классы (области интереса) и аномалии, требующие дальнейшего уточнения.

Решая КОЗТ методом двумерной оптимизации в области аномалий, рассчитана и построена тепловая томограмма с выделенной на ней границей залегания СПО. Оценка ТФП объектов по разновременным данным съемки позволила не только обнаружить СПО, но и создать новый идентификатор объектов, основанный на их теплофизических свойствах.

Данный подход имеет большое значение для агропромышленного комплекса, поскольку позволяет: обнаруживать скрытые объекты, такие как подземные водоносные горизонты или невидимые корневые системы растений, что имеет решающее значение для оптимизации орошения и управления урожайностью; оценивать теплофизические свойства почвы, что необходимо для разработки эффективных методов обработки почвы и управления водными ресурсами; создавать новые идентификаторы объектов, которые могут быть использованы для мониторинга и управления сельскохозяйственными ресурсами, повышения точности прогнозирования урожайности и принятия обоснованных решений в агропромышленном комплексе.

### ***Список использованных источников***

1. Бекешко, Н. А. Инфракрасный метод обнаружения скрытых дефектов в сопротивлениях / Н. А. Бекешко, П. К. Ощепков // Дефектоскопия. – 1965. – № 5. – С. 30 – 33.
2. Госсорг, Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение : пер. с фр. / Ж. Госсорг. – М. : Мир, 1988. – 416 с.
3. Krizhevsky, A. Imagenet classification with deep convolutional neural networks / A. Krizhevsky, I. Sutskever, G. E. Hinton // Advances in neural information processing systems. – 2012. – P. 1097 – 1105.

### ***References***

1. Bekeshko, N. A., Infrared method for detecting hidden defects in resistances / N. A. Bekeshko, P. K. Oshchepkov // Flaw detection. – 1965. – No. 5. – P. 30 – 33.
2. Gossorg, J. Infrared thermography. Fundamentals, technique, application : trans. from French / J. Gossorg. – M. : Mir, 1988. – 416 p.
3. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks // Advances in neural information processing systems. – 2012. – P. 1097 – 1105.

**А. А. Кривоногов, К. В. Стародубов, А. А. Елистратов,  
Р. В. Дорошенко**

(Кафедра «Информационная безопасность»,  
ФГАОУ ВО «Московский политех», Москва, Россия,  
e-mail: aakrivanogov97@ya.ru, skw@yandex.ru, elistratov\_aa@tc26.ru,  
rusdoroshenko@yandex.ru)

## **ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СМАРТ-КОНТРАКТОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

*Аннотация.* Рассмотрен подход на основе метода прямой экспертной оценки к оцениванию устойчивости функционирования смарт-контрактов. Определены составные параметры показателя устойчивости смарт-контракта и предложена программная реализация для оценки его устойчивости.

*Ключевые слова:* блокчейн-система, процесс разработки, верификация кода, показатель устойчивости, дефект, деструктивные воздействия, программная реализация.

**A. A. Krivonogov, K. V. Starodubov, A. A. Elistratov,  
R. V. Doroshenko**

(Department of Information Security, Federal State  
Educational Institution of Higher Professional Education  
“Moscow Polytechnic”, Moscow, Russia)

## **APPROACH TO ASSESSING THE SUSTAINABILITY OF SMART CONTRACTS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

*Abstract.* The approach based on the direct expert assessment method to assessing the sustainability of smart contracts is considered. The component parameters of the smart contract sustainability indicator are determined and a software implementation for assessing its sustainability is proposed.

*Keywords:* automation of condition execution, expert assessment method, concordance coefficient, assessment parameters, blockchain system, defect criticality indicator.

**Введение.** Обеспечение устойчивости смарт-контрактов в агропромышленном комплексе является критически важным аспектом модернизации и повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Это связано с тем, что смарт-контракты могут существенно улучшить прозрачность, автоматизацию и надежность различных процессов в сельском хозяйстве.

Смарт-контракты, используемые в рамках блокчейн-системы, обеспечивают неизменность и прозрачность транзакций, что особенно важно в агропромышленном комплексе, где часто возникают сложные цепочки поставок и торговые отношения. Они могут автоматически выполнять predetermined условия, снижая роль посредников и уменьшая расходы на логистику и посреднические услуги.

**Постановка задачи.** Наличие даже незначительного недостатка или дефекта в смарт-контракте повышает риск реализации деструктивных воздействий. Чтобы снизить подобные риски и минимизировать возникновение финансовых потерь, необходимо, прежде всего, оценить уровень устойчивости смарт-контракта перед его размещением в блокчейн-системе [3].

**Методы решения.** Уровень устойчивости смарт-контракта является количественной характеристикой, которая определяется за счет оценивания различных аспектов смарт-контракта, включая его структуру, логику работы и практику программирования, на основании метода прямой экспертной оценки [2]. Оценка устойчивости смарт-контрактов осуществляется с учетом следующих ключевых аспектов:

- сложность кода: данный параметр оказывает значительное влияние на уровень устойчивости смарт-контракта. Объемный и запутанный смарт-контракт с большим количеством функций (или методов) является трудным для понимания, отладки и обеспечения устойчивости, что делает его подверженным к дефектам [1, 2]. Этот параметр является составным и определяется на основании количества строк и функций (или методов) в исследуемом смарт-контракте;

- обнаруженные дефекты в смарт-контракте: обнаруженные дефекты включают в себя недостатки, ошибки программирования или непредвиденные сценарии использования, которые приводят к финансовым потерям или нарушению функционирования смарт-контракта [2].

По результатам анализа массива данных определено, что сложность и вербальная дифференциация смарт-контракта зависят от числа функций (или методов) и количества логически связанных строк. Общая устойчивость смарт-контракта при этом также зависит от числа обнаруженных дефектов. На основании этого определяются составные параметры показателя устойчивости смарт-контракта, а именно:

- $L_{sc}$  – коэффициент количества связанных (или полезных) строк в смарт-контракте. Данная характеристика определяется на основании экспертного анализа смарт-контракта и принимает значение в соответствии с табл. 1;

## 1. Числовые значения количества полезных строк

Количество полезных строк	Значение
1 – 50	1
51 – 100	2
101 – 200	3
201 – 400	4
401 и более строк	5

## 2. Числовые значения количества функций (или методов)

Количество запускаемых функций	Значение
1 – 5	1
6 – 9	2
10 и более функций	3

–  $F_{sc}$  – коэффициент количества запускаемых функций в смарт-контракте. Данный параметр, так же как и параметр  $L_{sc}$ , определяется на основании экспертного анализа смарт-контракта и принимает значение в соответствии с табл. 2;

–  $J_{sci}$  – показатель критичности дефекта  $i$  в смарт-контракте. Данный показатель рассчитывается на основании подхода, определенного в работе [1] для каждого из обнаруженных в смарт-контракте дефектов, и принимает соответствующее значение.

Таким образом, формула для оценивания уровня устойчивости смарт-контрактов выглядит следующим образом:

$$SL_{sc} = \frac{F_{sc}}{L_{sc}} \left( 1 + \sum_{i=1}^n J_{sci} \right),$$

где  $n$  – количество обнаруженных дефектов в смарт-контракте.

После расчета показателя устойчивости смарт-контракта уровень его устойчивости определяется путем сопоставления полученного значения с эталонными значениями из табл. 3.

### 3. Эталонная таблица уровней устойчивости смарт-контракта

Коэффициент устойчивости	Уровень устойчивости
0,0 – 0,9	Информационный уровень. При информационном уровне устойчивости в смарт-контракте отсутствуют какие-либо недостатки или дефекты
1,0 – 1,9	Высокий уровень. Возможность реализации деструктивных воздействий при высоком уровне устойчивости в смарт-контракте практически отсутствует
2,0 – 4,9	Средний уровень. Риск реализации деструктивных воздействий через дефекты в смарт-контракте со средним уровнем устойчивости незначителен, однако такой смарт-контракт не должен быть допущен к размещению в блокчейн-системе
5,0 – 9,9	Низкий уровень. Смарт-контракт с низким уровнем устойчивости ставит под угрозу конфиденциальность данных отдельных пользователей блокчейн-системы
10,0 и более	Критический уровень. Смарт-контракт с критическим уровнем устойчивости ставит под угрозу не только конфиденциальности данных пользователей, но и целостности всей блокчейн-системы

**Основные результаты.** Для апробации предложенного подхода была разработана программная реализация для оценки устойчивости смарт-контракта, которая объединяет в себе инструменты статического и статического с элементами динамического анализа Slither и MyThril. По результатам работы программной реализации и оценки устойчивости смарт-контракта все полученные данные представляются в структурированном виде в сгенерированном отчете об устойчивости смарт-контракта в формате .pdf.



**Заключение.** В рамках статьи был предложен подход, основанный на использовании метода прямой экспертной оценки, для оценивания устойчивости смарт-контрактов и эффективности их использования в различных условиях. Оцениваемый показатель устойчивости является важным инструментом для понимания риска, связанного с конкретной реализацией смарт-контракта, который может быть использован для руководства процессом разработки смарт-контракта или аудита компонент блокчейн-системы.

#### *Список использованных источников*

1. Кривоногов, А. А. Методика анализа уязвимостей и определения уровня безопасности смарт-контрактов при размещении в системах распределенных реестров / А. А. Кривоногов, М. М. Репин, Н. В. Федоров // Вопросы кибербезопасности. – 2020. – № 4(38). – С. 56 – 65.
2. Сагитова, В. В. Применение метода экспертных оценок для автоматизации аудита информационных систем персональных данных / В. В. Сагитова, В. И. Васильев // Вестник УГАТУ. – 2017. – № 3(77). – С. 105 – 112.
3. Кривоногов, А. А. Перспективные платформы смарт-контрактов как новый виток развития глобального рынка цифровых технологий / А. А. Кривоногов, К. В. Пителинский, Н. В. Федоров // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2021. – № 4(184). – С. 46 – 52.

#### *References*

1. Krivonogov, A. A. Metodika analiza uyazvimostej i opredeleniya urovnya bezopasnosti smart-kontraktov pri razmeshenii v sistemah raspredelennyh reestrov / A. A. Krivonogov, M. M. Repin, N. V. Fedorov // Voprosy kiberbezopasnosti. – 2020. – № 4(38). – P. 56 – 65.
2. Sagitova, V. V. Primenenie metoda ekspertnyh ocenok dlya avtomatizacii audita informacionnyh sistem personalnyh dannyh / V. V. Sagitova, V. I. Vasilev // Vestnik UGATU. – 2017. № 3(77). – P. 105 – 112.
3. Krivonogov, A. A. Perspektivnye platformy smart-kontraktov kak novyj vitok razvitiya globalnogo rynka cifrovyyh tehnologij / A. A. Krivonogov, K. V. Pitelinskij, N. V. Fedorov // Informacionnye tehnologii v proektirovanii i pro-izvodstve. – 2021. – № 4(184). – P. 46 – 52.

УДК 681.5

**А. А. Кривоногов, К. В. Стародубов, Р. В. Дорошенко**  
(Кафедра «Информационная безопасность»,  
ФГАОУ ВО «Московский политех», Москва, Россия,  
e-mail: aakrivonogov97@ya.ru, skw@yandex.ru,  
rusdoroshenko@yandex.ru)

## **ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА КРИТИЧНОСТИ ДЕФЕКТОВ СМАРТ-КОНТРАКТОВ В СИСТЕМЕ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

*Аннотация.* Рассмотрен подход на основе метода прямой экспертной оценки к оцениванию критичности дефектов в смарт-контракте. Определены составные параметры критичности дефекта, даны их краткие характеристики. Рассчитаны показатели критичности для наиболее часто реализуемых дефектов в смарт-контракте.

*Ключевые слова:* автоматизация выполнения условий, метод экспертных оценок, коэффициент конкордации, параметры оценки, блокчейн-система, показатель критичности дефекта.

**A. A. Krivonogov, K. V. Starodubov, R.V. Doroshenko**  
(Department of Information Security, Federal State  
Educational Institution of Higher Professional Education  
“Moscow Polytechnic”, Moscow, Russia)

## **EXPERT ASSESSMENT OF CRITICALITY OF SMART CONTRACT DEFECTS IN AGRO-INDUSTRIAL PROCESS SYSTEM**

*Abstract.* The approach based on the method of direct expert assessment to the evaluation of criticality of defects in a smart contract is considered. Composite parameters of defect criticality are defined, their brief characteristics are given. Criticality indices for the most frequently realized defects in a smart contract are calculated.

*Keywords:* automation of condition execution, expert assessment method, concordance coefficient, assessment parameters, blockchain system, defect criticality indicator.

**Введение.** Смарт-контракты играют важную роль в системе агро-промышленных процессов благодаря их способности автоматизировать и оптимизировать многие процессы, что способствует повышению эффективности и прозрачности в этой отрасли. Так, например, смарт-контракты позволяют автоматизировать выполнение условий

различных договоров, таких как закупка семян, поставка продукции, страхование урожая и т.д. Это позволяет снизить потребность в посредниках и минимизировать задержки, связанные с ручной обработкой информации.

**Постановка задачи.** Несмотря на значительные преимущества, смарт-контракты не застрахованы от недостатков и дефектов, которые могут привести к серьезным последствиям. В системе агропромышленных процессов такие недостатки и дефекты могут обеспечить возникновение деструктивных воздействий в цепочках поставок, привести к финансовым потерям или даже ставить под сомнение целостность данных. Поэтому определение критичности дефектов в смарт-контрактах является важным аспектом их использования.

**Методы решения.** Для объективного анализа и определения критичности дефектов в смарт-контракте предлагается использование метода прямой экспертной оценки, который предполагает непосредственное обращение к экспертам, специализирующимся в данной области, и запрос оценки определенных аспектов защищенности, связанных с конкретным объектом [3]. Эксперты могут оценивать критичность дефекта, вероятность возникновения определенного типа дефекта, меры противодействия и т.д. При использовании данного метода объективность оценки определяется согласованностью мнения экспертов. Степень согласованности оценивается по величине дисперсионного коэффициента конкордации [3].

Для расчета коэффициента конкордации производится ранжирование экспертных оценок важности параметров и расчет суммы рангов по каждому дефекту в смарт-контракте.

Оценка критичности дефектов в смарт-контракте является достаточно нетривиальной задачей и отличается от оценки критичности дефектов в централизованной системе. Исходя из этого, перечень параметров для оценки критичности дефектов в смарт-контракте может выглядеть следующим образом [1]:

- степень исходной устойчивости блокчейн-системы;
- актуальность реализации дефекта;
- трудоемкость реализации дефекта;
- степень потенциальных негативных последствий от реализации дефекта.

Под исходной устойчивостью  $C_1$  понимается обобщенный параметр системы, зависящий от ее технических особенностей и эксплуатационных характеристик. Степень исходной устойчивости блокчейн-системы при этом определяется методом прямой экспертной оценки

на основе таких характеристик, как тип используемой блокчейн-системы, алгоритм консенсуса, язык описания и улучшения блокчейн-системы, механизм обеспечения конфиденциальности, язык программирования смарт-контракта, число обрабатываемых транзакций в секунду, использование сертифицированного СКЗИ в блокчейн-системе, и принимает одно из трех возможных значений: низкая, средняя или высокая (от 1 до 3 соответственно).

Актуальность реализации дефекта  $C_2$  является одним из наиболее значимых параметров при определении уровня критичности дефекта смарт-контракта, поскольку в зависимости от того, какое из числовых значений он принимает (0 или 1), зависит целесообразность расчета уровня коичности дефекта для конкретно исследуемой реализации блокчейн-системы.

Трудоемкость реализации дефекта  $C_3$  позволяет определить, какое количество ресурсов должен потратить злоумышленник для успешной реализации дефекта. Трудоемкость реализации дефекта зависит прежде всего от потенциала злоумышленника  $P_{spec}$ , т.е. его специфических знаний и умений, а также от программно-технических возможностей злоумышленника  $SH_{cpb}$  и количества затрачиваемого времени на его реализацию  $T_{exp}$ . Трудоемкость реализации дефекта  $C_3$  рассчитывают по следующей формуле:

$$C_3 = (CH_{cpb} + P_{spec})T_{exp}. \quad (1)$$

Заключительным параметром, используемым при оценке критичности дефекта смарт-контракта, является степень потенциальных негативных последствий от реализации дефекта  $C_4$ , которая определяется на основании показателей степени негативных последствий от нарушения свойств конфиденциальности, целостности и доступности применительно к смарт-контракту, хранящимся в нем цифровым активам, а также к блокчейн-системе. Этот параметр определяется на основании экспертных оценок с применением статистических методов анализа и рассчитывается по формуле

$$C_4 = \sum_{j=1}^n \max_i (E_j^i), \text{ где } i = K, Ц, Д; j = SC, I, A. \quad (2)$$

В результате определения перечисленных параметров для исследуемых дефектов в смарт-контракте можно осуществить оценки критичности каждого из них по следующей формуле:

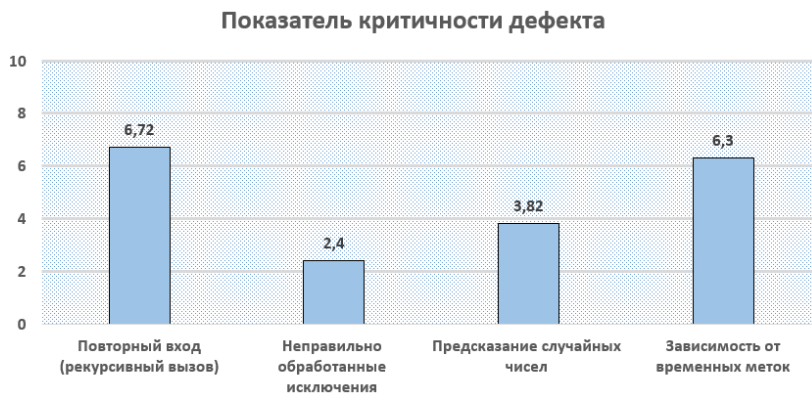
$$J(\theta) = W_1^{p_1}(\theta)\tilde{C}_1 + W_2^{p_2}(\theta)\tilde{C}_2 + W_3^{p_3}(\theta)\tilde{C}_3 - W_4^{p_4}(\theta)\tilde{C}_4 + \dots + W_n^{p_n}(\theta)\tilde{C}_n. \quad (3)$$

## 1. Значения уровня критичности дефекта в смарт-контракте

Количественная оценка	Уровень критичности дефекта
$0,0 \leq \text{итоговое значение} \leq 1,9$	Низкий
$2,0 \leq \text{итоговое значение} \leq 5,9$	Средний
$6,0 \leq \text{итоговое значение} \leq 9,9$	Высокий
$10 \leq \text{итоговое значение}$	Критический

На основании полученного показателя критичности дефекта в смарт-контракте эксперт может определить искомый уровень критичности дефекта, в том числе с учетом информации, приведенной в стандарте ГОСТ Р 56545–2015 (см. табл. 1) [2].

**Основные результаты.** В целях апробации предложенного подхода были произведены расчеты для наиболее часто реализуемых дефектов в смарт-контракте. На рисунке 1 приведен график со значениями критичности дефектов для определения того, какой из исследуемых дефектов является наиболее или наименее критичным при его реализации.



**Рис. 1. Значения критичности дефектов смарт-контракта**

**Заключение.** В рамках статьи был предложен подход, основанный на методе прямой экспертной оценки, а также определены составные параметры для оценки критичности дефектов в смарт-контракте. Предложенный подход к оценке позволит наиболее полно подойти к исследованию возможных дефектов для конкретной реализации блокчейн-системы, в рамках которой смарт-контракт осуществляет свое функционирование.

### ***Список использованных источников***

1. Репин, М. М. Проблемы обеспечения информационной безопасности смарт-контрактов в системах на основе технологии распределенных реестров / М. М. Репин, А. А. Кривоногов. – М. : ООО «Издательство ТРИУМФ», 2020. – 115 с.
2. Кривоногов, А. А. Методика анализа уязвимостей и определения уровня безопасности смарт-контрактов при размещении в системах распределенных реестров / А. А. Кривоногов, М. М. Репин, Н. В. Федоров // Вопросы кибербезопасности. – 2020. – № 4(38). – С. 56 – 65.
3. Зверев, Е. Экспертная выборка: формирование для большой совокупности / Е. Зверев, А. Никифоров // МСФО и МСА в кредитной организации. – 2019. – № 2(72). – С. 68 – 74.

### ***References***

1. Repin, M. M. Problemy obespecheniya informacionnoj bezopasnosti smart-kontraktov v sistemah na osnove tehnologii raspredelennyh reestrov / M. M. Repin, A. A. Krivonogov. – M. : ООО «Izdatelstvo TRIUMF», 2020. – 115 s.
2. Krivonogov, A. A. Metodika analiza uyazvimostej i opredeleniya urovnya bezopasnosti smart-kontraktov pri razmeshenii v sistemah raspredelennyh reestrov / A. A. Krivonogov, M. M. Repin, N. V. Fedorov // Voprosy kiberbezopasnosti. – 2020. – № 4(38). – S. 56 – 65.
3. Zverev, E. Ekspertnaya vyborka: formirovanie dlya bolshoj sovokupnosti / E. Zverev, A. Nikiforov // MSFO i MSA v kreditnoj organizacii. – 2019. – № 2(72). – S. 68 – 74.

**Е. А. Музалевская, А. И. Козленков**  
(Кафедра «Системы информационной безопасности»,  
ФГБОУ ВО «БГТУ», г. Брянск, Россия,  
e-mail: lizamuz2002@yandex.ru, bryansk-tu@yandex.ru)

## **НЕОБХОДИМОСТЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ РАБОТАХ**

*Аннотация.* Рассмотрена необходимость обеспечения информационной безопасности в контексте агропромышленных работ. С учетом современных тенденций цифровизации и внедрения информационных технологий в аграрный сектор возрастает важность защиты данных и информационных систем от потенциальных угроз. Проанализированы угрозы, которые могут негативно сказаться на функционировании агропромышленных предприятий. Также предложены основные меры, которые необходимо принимать для создания эффективной системы информационной безопасности, включая внедрение современных технологий защиты, обучение сотрудников и разработку стратегий реагирования на инциденты.

*Ключевые слова:* информационная безопасность, агропромышленность, угрозы.

**Е. А. Muzalevskaya, A. I. Kozlenkov**  
(Department of Information Security Systems, BSTU, Bryansk, Russia)

## **THE NEED TO ENSURE INFORMATION SECURITY IN AGRO-INDUSTRIAL WORK**

*Abstract.* This article discusses the need to ensure information security in the context of agro-industrial work. Taking into account current trends in digitalization and the introduction of information technologies in the agricultural sector, the importance of protecting data and information systems from potential threats is increasing. The article analyzes the threats that can negatively affect the functioning of agro-industrial enterprises. It also suggests the main measures that need to be taken to create an effective information security system, including the introduction of modern security technologies, employee training and the development of incident response strategies.

*Keywords:* information security, agro-industry, threats.

В условиях цифровизации агропромышленного комплекса (АПК) информационная безопасность становится ключевым элементом эффективного и устойчивого функционирования этого сектора. Аграрное производство уже сегодня активно использует информационные технологии, что открывает новые возможности для повышения

урожайности, оптимизации ресурсов и управления рисками. Однако вместе с этим возникают и новые угрозы, требующие от предприятий АПК особого внимания к вопросам информационной безопасности.

**Изменение ландшафта агропромышленного комплекса.** С каждым годом агросектор все больше интегрируется в цифровую среду. Современные технологии, такие как Интернет вещей, большие данные, искусственный интеллект и автоматизация процессов, позволяют аграриям оперативно получать информацию о состоянии полей, климатических условиях, состоянии здоровья растений и животных. Однако с внедрением новых технологий увеличивается и риск кибератак, шпионства, утечек данных и других видов злоупотреблений.

**Основные угрозы информационной безопасности в АПК.** Некоторые типичные угрозы, связанные с отсутствием надлежащей информационной безопасности в агропромышленном комплексе, включают [1]:

1. **Кибератаки.** Злоумышленники могут пытаться получить доступ к системам управления производственными процессами, а также к персональным данным и документам, содержащим конфиденциальную информацию. Это может привести к финансовым потерям, остановке производственных циклов и другим негативным последствиям.

2. **Утечка данных.** Коммерческие секреты, информация о урожаях, клиентской базе и финансовых операциях могут оказаться в руках конкурентов или других заинтересованных сторон для получения преимущества на рынке.

3. **Нарушение работы оборудования.** Внедрение технологий и автоматизация могут привести к сбоям в работе, если системы не защищены от внешних воздействий.

4. **Вредоносное ПО.** Программы-вымогатели и другие виды вредоносного ПО могут нанести ущерб информационным системам агропромышленных предприятий, заблокировать доступ к данным или зашифровать их.

**Важность обеспечения информационной безопасности.** Сельское хозяйство является одним из ключевых секторов экономики, который обеспечивает продовольственную безопасность страны. Любые сбои в работе агропромышленных предприятий могут привести к серьезным последствиям для экономики и общества. Кроме того, сельское хозяйство тесно связано с другими отраслями, такими как пищевая промышленность, транспорт и логистика. Поэтому обеспече-



ние информационной безопасности на агропромышленных работах имеет большое значение для устойчивого развития экономики и общества в целом [2].

1. **Защита интеллектуальной собственности.** Агрокомпании разрабатывают уникальные технологии и методики, которые необходимо защищать от копирования и неправомерного использования.

2. **Сохранение репутации.** В случае утечек данных или кибератак компании рискуют утратить доверие своих клиентов и партнеров, что может негативно сказаться на их финансовом состоянии.

3. **Соблюдение законов и норм.** Регулирующие органы в большинстве стран требуют соблюдения определенных стандартов в области информационной безопасности, что предполагает необходимость разработки и внедрения соответствующих мер.

#### **Меры по обеспечению информационной безопасности**

1. **Анализ рисков.** Понимание возможных угроз и уязвимостей – первый шаг к созданию защищенной информационной среды.

2. **Создание политики безопасности.** Необходима реализация четкой стратегии, которая определяет, как реагировать на угрозы и инциденты.

3. **Обучение персонала.** Работники должны быть осведомлены о рисках и мерах безопасности, чтобы предотвратить возможные инциденты.

4. **Резервное копирование.** Необходимо регулярно создавать резервные копии важных данных, чтобы минимизировать потери в случае кибератаки.

5. **Сегментация сети.** Разделение сети на отдельные сегменты поможет ограничить распространение вредоносного ПО и других угроз.

6. **Использование антивирусного ПО.** антивирусное ПО должно быть установлено на всех устройствах, подключенных к сети предприятия.

7. **Регулярное обновление ПО.** Необходимо своевременно обновлять программное обеспечение, чтобы устранить уязвимости и защитить систему от новых угроз [3].

**Заключение.** Обеспечение информационной безопасности на агропромышленных работах – это не просто обязательное условие, а необходимый элемент конкурентоспособности и устойчивости аграрного сектора в условиях современной экономики. Также это требует комплексного подхода и постоянного внимания со стороны руководства и сотрудников предприятия. Только так можно гарантировать устойчивое развитие и защиту интересов всех участников рынка.

### *Список использованных источников*

1. Кузнецов, П. Н. Система информационной безопасности в агропромышленном комплексе / П. Н. Кузнецов, И. П. Кузнецов // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Мичуринск-наукоград РФ, 26 – 28 октября 2021 года. – Мичуринск-наукоград РФ : Мичуринский государственный аграрный университет, 2021. – С. 132 – 135.
2. Напреев, Я. Л. Система информационной безопасности предприятия агропромышленного комплекса / Я. Л. Напреев // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2013. – № 2. – С. 19–20.
3. Хоружий, Л. И. Анализ рисков информационной безопасности организаций АПК / Л. И. Хоружий, Н. Ю. Трясцина, Е. Д. Рассказова // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2021. – № 5. – С. 60 – 70.
4. Инновационная система научно-информационного сопровождения предпринимательских структур агропромышленного комплекса как условие снижения информационной энтропии / Н. Н. Макарова, Г. В. Тимофеева, А. А. Шубович, В. В. Суркова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2022. – Т. 1, № 9(129). – С. 125 – 132.

### *References*

1. Kuznetsov, P. N. Information security system in the agro-industrial complex / P. N. Kuznetsov, I. P. Kuznetsov // Engineering support for innovative technologies in the agro-industrial complex: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Michurinsk-science city of the Russian Federation, October 26 – 28, 2021. – Michurinsk-science city of the Russian Federation: Michurinsk State Agrarian University, 2021. – P. 132 – 135.
2. Napreev, Ya. L. Information security system of an agro-industrial complex enterprise / Ya. L. Napreev // Azimuth of scientific research: economics and management. – 2013. – No. 2. – P. 19–20.
3. Khoruzhy, L. I. Analysis of information security risks of agro-industrial complex organizations / L. I. Khoruzhy, N. Yu. Tryascina, E. D. Rasskazova // Accounting in agriculture. – 2021. – No. 5. – P. 60 – 70.
4. Innovative system of scientific and information support for entrepreneurial structures of the agro-industrial complex as a condition for reducing information entropy / N. N. Makarova, G. V. Timofeeva, A. A. Shubovich, V. V. Surkova // Economics and Management: Problems, Solutions. – 2022. – V. 1, No. 9(129). – P. 125 – 132.

**А. С. Плоткин, К. В. Стародубов,  
А. А. Елистратов, А. В. Прокофьев**  
(Кафедра «Информационная безопасность»,  
ФГАОУ ВО «Московский политех», Москва, Россия,  
e-mail: sances.98@mail.ru, skw@yandex.ru,  
elistratov\_aa@tc26.ru, jb.87@inbox.ru)

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕСТРУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ИНФРАСТРУКТУРУ КЛЮЧЕЙ В СИСТЕМАХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РЕЕСТРОВ**

*Аннотация.* Рассмотрены проблемы обеспечения устойчивости инфраструктуры ключей в системах распределенных реестров. Представлена классификация потенциально возможных деструктивных воздействий, которые могут негативно влиять на устойчивость инфраструктуры ключей. Проведен анализ подходов к оценке устойчивости с использованием методов теории нечетких множеств. Сделаны выводы о необходимости разработки математической модели устойчивости, позволяющей количественно оценить влияние деструктивных воздействий.

*Ключевые слова:* распределенные реестры, инфраструктура ключей, устойчивость информационных систем, деструктивные воздействия.

**A. S. Plotkin, K. V. Starodubov,  
A. A. Elistratov, A. V. Prokofyev**  
(Department of Information Security, Federal State  
Educational Institution of Higher Professional Education  
“Moscow Polytechnic”, Moscow, Russia)

## **CLASSIFICATION OF DESTRUCTIVE IMPACTS ON KEY INFRASTRUCTURE IN DISTRIBUTED LEDGER SYSTEMS**

*Abstract.* The paper considers the problems of ensuring the stability of the key infrastructure in distributed registry systems. A classification of potentially possible destructive impacts that can negatively affect the stability of the key infrastructure is presented. The analysis of approaches to the assessment of stability using methods of the theory of fuzzy sets is carried out. Conclusions are drawn about the need to develop a mathematical model of sustainability that allows quantifying the impact of destructive influences.

*Keywords:* distributed ledgers, key infrastructure, information system resilience, destructive impacts, and fuzzy set theory.

**Введение.** Особенно важную роль эта технология начинает играть в агропромышленном комплексе, где она способствует улучшению отслеживаемости продукции, управлению цепочками поставок и повышению прозрачности операций [1]. Однако устойчивость этих систем, как и в других сферах, сильно зависит от используемой инфраструктуры ключей [2]. В условиях постоянного развития атак и усложнения информационных угроз, особенно в контексте критически важных отраслей, таких как агропромышленный комплекс, возникает необходимость в разработке методов, позволяющих оценить и повысить устойчивость инфраструктуры ключей в системах распределенных реестров к различным деструктивным воздействиям. Устойчивость используемых технологий имеют первостепенное значение для обеспечения устойчивого развития агропромышленного комплекса, где защита данных и непрерывность процессов критически важны для всей цепочки поставок [3].

**Постановка задачи.** Для обеспечения возможности проводить оценку устойчивости инфраструктуры ключей в системах распределенных реестров в первую очередь необходимо определить, какие события могут влиять на устойчивость. Это предполагает формирование перечня потенциально возможных деструктивных воздействий, которые могут повлиять на устойчивость.

**Методы решения.** В качестве основного метода решения предложено создание классификации потенциально возможных деструктивных воздействий на инфраструктуру ключей в системах распределенных реестров, выраженной следующей структурой:

1. Категория – отражает, какие процессы являются объектом деструктивного воздействия.

2. Подкатегория – отражает возможное разделение категорий на более мелкие процессы, являющиеся объектом деструктивного воздействия.

3. Группа деструктивных воздействий – отражает несколько деструктивных воздействий, обобщенных по какому-либо признаку в единую группу.

4. Деструктивное воздействие – отражает само деструктивное воздействие.

5. Сценарий реализации – отражает возможный пример реализации указанного деструктивного воздействия.

6. Последствия – отражает потенциальное влияние на систему TRP, которое возникнет при реализации деструктивного воздействия.

Эта классификация позволит в будущем использовать системный подход при оценке устойчивости. В дальнейшей работе разработанная классификация будет применяться как основа для разработки модели оценки устойчивости. А в связи с необходимостью проведения как качественной, так и количественной оценки устойчивости целесообразно рассмотреть использование теории нечетких множеств для составления указанной модели оценки.

**Основные результаты.** На основании проведенного анализа возможно выявить деструктивные воздействия, которые могут воздействовать на инфраструктуру ключей в системах распределенных реестрах. Эти воздействия включают, но не ограничиваются, следующими: атаки на пароли и средства аутентификации, сбой узлов, утрата резервных копий, нарушения в генерации, передаче, хранении или уничтожении ключей [4].

**Заключение.** Разработана уникальная классификация потенциально возможных деструктивных воздействий, которая может быть использована для последующей разработки модели оценки устойчивости. В дальнейшем предполагается создание математической модели устойчивости с использованием методов теории нечетких множеств, а также проведение практических экспериментов для ее апробации.

#### *Список использованных источников*

1. Арефьева, А. С. Перспективы внедрения технологии блокчейн / А. С. Арефьева, Г. Г. Гогохия // Молодой ученый. – 2017. – № 15(149). – С. 326 – 330. – URL : <https://moluch.ru/archive/149/42071/> (дата обращения: 27.08.2024).
2. Панков, К. Н. Использование криптографических средств для сквозных цифровых технологий на примере систем распределенного реестра / К. Н. Панков // Технологии информационного общества : материалы XII Междунар. отраслевой науч.-техн. конф. – 2018. – С. 365–366.
3. Заколдаев, Д. А. Технология блокчейн в России: достижения и проблемы / Д. А. Заколдаев, Р. В. Ямщиков, Н. В. Ямщикова // Российский социально-гуманитарный журнал. – 2018. – № 2. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-blokcheyn-v-rossii-dostizheniya-i-problemy> (дата обращения: 27.08.2024).
4. Анализ уязвимостей систем управления ключами в распределенных реестрах на примере блокчейн IBM / А. С. Плоткин, С. А. Кесель, М. М. Репин, Н. В. Федоров // Вопросы кибербезопасности. – 2021. – № 1(41). – С. 58 – 68.

### *References*

1. Arefyeva, A. S. Prospects for the introduction of blockchain technology / A. S. Arefyeva, G. G. Gogokhia. – Text : direct // Young scientist. – 2017. – No. 15(149). – P. 326 – 330. – URL : <https://moluch.ru/archive/149/42071/> (date of reference: 08/27/2024).
2. Pankov, K. N. The use of cryptographic tools for end-to-end digital technologies on the example of distributed registry systems / K. N. Pankov // Technologies of the Information Society. Materials of the XII International Industrial Scientific and Technical Conference. – 2018. – P. 365–366.
3. Zakoldaev, D. A. Blockchain technology in Russia: achievements and problems / D. A. Zakoldaev, R. V. Yamshchikov, N. V. Yamshchikova // Russian Socio-Humanitarian Journal. – 2018. – No. 2. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-blokcheyn-v-rossii-dostizheniya-i-problemy> (date of access: 08/27/2024).
4. Vulnerability analysis of key management systems in distributed registries using the example of IBM blockchain / A. S. Plotkin, S. A. Kesel, M. M. Repin, N. V. Fedorov // Cybersecurity issues. – 2021. – No. 1(41). – P. 58 – 68.

**А. С. Плоткин, К. В. Стародубов, А. В. Прокофьев**  
(Кафедра «Информационная безопасность»,  
ФГАОУ ВО «Московский политех», Москва, Россия,  
e-mail: sances.98@mail.ru, skw@yandex.ru, jb.87@inbox.ru)

## **ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ИНФРАСТРУКТУРЫ КЛЮЧЕЙ В СИСТЕМАХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РЕЕСТРОВ ПРИ ИХ ПРИМЕНЕНИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

*Аннотация.* Статья посвящена оценке устойчивости ключевой инфраструктуры в системах распределенных реестров к деструктивным воздействиям. Предлагается математическая модель устойчивости на основе нечеткой логики, учитывающая критерии устойчивости инфраструктуры ключей, классификацию деструктивных воздействий и метод прямой экспертной оценки. Результаты исследования будут использованы для повышения устойчивости информационных систем, использующих распределенные реестры.

*Ключевые слова:* устойчивость информационных систем агропромышленного комплекса, технология распределенных реестров, модель на основе нечеткой логики, критерии устойчивости инфраструктуры ключей, классификация деструктивных воздействий на инфраструктуру ключей, метод прямой экспертной оценки.

**A. S. Plotkin, K. V. Starodubov, A. V. Prokofyev**  
(Department of Information Security, Federal State  
Educational Institution of Higher Professional Education  
“Moscow Polytechnic”, Moscow, Russia)

## **ESTIMATION OF STABILITY OF KEY INFRASTRUCTURE IN DISTRIBUTED REGISTRY SYSTEMS IN THEIR APPLICATION IN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

*Abstract.* The article is devoted to the assessment of key infrastructure stability in distributed registry systems to destructive influences. It proposes a mathematical model of resilience based on fuzzy logic, taking into account the criteria of key infrastructure resilience, the classification of destructive influences and the method of direct expert evaluation. The results of the study will be used to improve the resilience of information systems using distributed registries.

*Keywords:* sustainability of information systems of agro-industrial complex, distributed registry technology, model based on fuzzy logic, criteria of key infrastructure stability, classification of destructive influences on key infrastructure, method of direct expert evaluation.

**Введение.** В последние годы в информационные системы организаций активно внедряется технология распределенных реестров, включая организации агропромышленного комплекса. Например, в работе

«Программа «Цифровое сельское хозяйство» и применение технологии блокчейн в деятельности «Брянского агропромышленного кластера» представлена информация о национальной платформе государственного управления сельским хозяйством. Цифровая трансформация данной платформы осуществляется посредством внедрения технологии распределенных реестров, что позволяет достичь технологического прорыва и способствовать росту производительности сельскохозяйственных предприятий [1].

Однако, согласно отчетам, опубликованным в сети Интернет, наблюдается рост числа попыток деструктивных воздействий на информационные системы, особенно тех, где используется технология распределенных реестров. В частности, в отчете «Атаки на российские компании в II квартале 2023 года» компании «РТК-Солар» описываются объемы и последствия таких деструктивных воздействий, что подчеркивает необходимость разработки мер для повышения устойчивости этих систем [2].

Современные информационные системы, сталкиваясь с увеличением числа кибератак, технических сбоев и внутренних угроз, требуют надежных методов оценки и повышения устойчивости, особенно в контексте использования распределенных реестров, где инфраструктура ключей представляет собой наиболее уязвимый элемент.

**Постановка задачи.** Для обеспечения устойчивой работы информационных систем необходимо разработать математическую модель устойчивости инфраструктуры ключей. Это предполагает определение возможных деструктивных воздействий, разработку критериев устойчивости и их количественную оценку с использованием методов теории нечетких множеств.

**Методы решения.** Основой предложенной модели является классификация деструктивных воздействий и критериев устойчивости, разработанных в предыдущих исследованиях авторов [3, 4]. Для оценки устойчивости используются функции принадлежности, которые определяют степень уверенности в выполнении критериев [5]. Экспертные оценки формируют коэффициенты этих функций, что позволяет преобразовать вербальные оценки в численные значения, повышая точность итоговой оценки, получаемой в рамках дефазификации полученных значений методом центра тяжести на каждом из уровней оценки [6, 7].

**Основные результаты.** Основные результаты исследования выражены в следующих решенных задачах:

- определены и классифицированы потенциальные деструктивные воздействия на инфраструктуру ключей;



– разработаны критерии устойчивости, включающие такие меры, как децентрализованная генерация ключей и мониторинг действий узлов сети;

– построены функции принадлежности для оценки уровней уверенности в выполнении критериев устойчивости (высокая, средняя, низкая);

– предложена многоуровневая иерархическая модель оценки устойчивости, включающая несколько уровней критериев и подкатегорий.

**Заключение.** С учетом проведенного исследования можно сделать вывод, что для информационных систем, построенных с помощью технологии распределенных реестров, в частности, систем агропромышленного комплекса, необходимо проводить оценку устойчивости инфраструктуры ключей к деструктивным воздействиям для обеспечения бесперебойной работы и защиты от злоумышленников и негативных событий. Предложенная в рамках исследования математическая модель устойчивости инфраструктуры ключей вносит весомый вклад в развитие указанного направления и может быть применима для систем агропромышленного комплекса.

#### *Список использованных источников*

1. Дронов, А. В. Программа «цифровое сельское хозяйство» и применение технологии блокчейн в деятельности «Брянского агропромышленного кластера» / А. В. Дронов, А. Н. Хохлов, М. Ю. Дышлок // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. – 2020. – № 5(81). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/programma-tsifrovoe-selskoe-hozyaystvo-i-primeneniye-tehnologii-blokcheyn-v-deyatelnosti-bryanskogo-agropromyshlennogo-klastera> (дата обращения: 25.08.2024).

2. Атаки на российские компании во II квартале 2023 года // ПТК Солар. – URL : [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://rt-solar.ru/upload/iblock/956/s6abrc6gs9usip5xdp8vq27419khu4hx/Otchet\\_Ataki\\_na\\_rossiyskie\\_kompanii\\_vo\\_II\\_kvartale\\_2023\\_g.pdf?ysclid=m02wz7i69b609066791](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://rt-solar.ru/upload/iblock/956/s6abrc6gs9usip5xdp8vq27419khu4hx/Otchet_Ataki_na_rossiyskie_kompanii_vo_II_kvartale_2023_g.pdf?ysclid=m02wz7i69b609066791) (дата обращения: 20.08.2024).

3. Анализ уязвимостей систем управления ключами в распределенных реестрах на примере блокчейн IBM / А. С. Плоткин, С. А. Кесель, М. М. Репин, Н. В. Федоров // Вопросы кибербезопасности. – 2021. – № 1(41). – С. 58 – 68.

4. Плоткин, А. С. Критерии оценки эффективности защиты инфраструктуры криптографических ключей от деструктивных воздействий в системах распределенных реестров / А. С. Плоткин, К. В. Стародубов // XIV Всерос. совещание по проблемам управления, посвященное 85-летию Института проблем и управления имени В. А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН). 17 – 20 июня 2024 года. : сб. ст. – М. : ИПУ РАН, 2024.

5. Шушура, А. Н. Формализация функций принадлежности многих переменных в задачах нечеткого управления сложными системами /

А. Н. Шушюра // *Sciences of Europe*. – 2018. – № 27-1(27). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/formalizatsiya-funktsiy-prinadlezhnosti-mnogih-peremennyh-v-zadachah-nechetkogo-upravleniya-slozhnymi-sistemami> (дата обращения: 20.08.2024).

6. Ермаков, С. А. Нечеткая логика на основе экспертных оценок как альтернативный инструмент для оценки риска в условия неопределенности / С. А. Ермаков, А. А. Болгов, А. Г. Чурсин // *информация и безопасность*. – 2022. – № 2. – С. 247 – 262.

7. Леденева, Т. М. Влияние методов дефаззификации на нечеткую классификацию / Т. М. Леденева, Д. А. Черменев // *Вестник ВГТУ*. – 2012. – № 8. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-metodov-defazzifikatsii-na-nechetkuyu-klassifikatsiyu> (дата обращения: 20.08.2024).

### **References**

1. Dronov, A. V. Programme “Digital Agriculture” and the Application of Blockchain Technology in the Activity of “Bryansk agricultural cluster” / A. V. Dronov, A. N. Khokhlov, M. Yu. Dyshlyuk // *Bulletin of FGOU VPO Bryansk State Agricultural Academy*. 2020. № 5(81). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/programma-tsifrovoe-selskoe-hozyaystvo-i-primenenie-tehnologii-blokcheyn-v-deyatelnosti-bryanskogo-agropromyshlennogo-klastera> (date of reference: 25.08.2024).

2. Attacks on Russian companies in Q2 2023 // *RTK Solar*. – URL : [chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://rt-solar.ru/upload/iblock/956/s6a6rc6gs9usip5xdp8vq27419khu4hx/Otchet\\_Ataki\\_na\\_rossiyskie\\_kompanii\\_vo\\_II\\_kvartale\\_2023\\_g.pdf?ysclid=m02wz7i69b609066791](chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://rt-solar.ru/upload/iblock/956/s6a6rc6gs9usip5xdp8vq27419khu4hx/Otchet_Ataki_na_rossiyskie_kompanii_vo_II_kvartale_2023_g.pdf?ysclid=m02wz7i69b609066791) (date of access: 20.08.2024).

3. Vulnerability analysis of key management systems in distributed registries on the example of IBM blockchain / A. S. Plotkin, S. A. Kesel, M. M. Repin, N. V. Fedorov // *Voprosy cybersecurity*. – 2021. – No. 1(41). – P. 58 – 68.

4. Plotkin, A. S. Criteria for evaluating the effectiveness of cryptographic key infrastructure protection from destructive influences in distributed registry systems / A. S. Plotkin, K. V. Starodubov // *Collection of the results of the XIV All-Russian Meeting on Management Problems, dedicated to the 85th anniversary of the V. A. Trapeznikov Institute of Problems and Management of the Russian Academy of Sciences (IPM RAS)*. – 2024.

5. Shushura, A. N. Formalisation of membership functions of many variables in problems of fuzzy control of complex systems / A. N. Shushura // *Sciences of Europe*. 2018. No. 27-1(27). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/formalizatsiya-funktsiy-prinadlezhnosti-mnogih-peremennyh-v-zadachah-nechetkogo-upravleniya-slozhnymi-sistemami> (date of address: 20.08.2024).

6. Ermakov, S. A. Fuzzy logic based on expert judgements as an alternative tool for risk assessment under uncertainty / S. A. Ermakov, A. A. Bolgov, A. G. Chursin // *Information and Security*. – 2022. – No. 2. – P. 247 – 262.

7. Ledeneva, T. M. Influence of defuzzification methods on fuzzy classification / Т. М. Леденева, Д. А. Черменев // *Vestnik VGTU*. – 2012. – No. 8. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-metodov-defazzifikatsii-na-nechetkuyu-klassifikatsiyu> (date of address: 20.08.2024).

**А. Н. Потапов, В. Р. Хасанов**  
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический  
университет имени Г. Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия,  
e-mail: Potapov\_il@mail.ru)

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ФОРМИРОВАНИЯ  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЛАНИРОВАНИЕМ ОСВОЕНИЯ  
СПЕЦИАЛИСТАМИ СРЕДСТВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ  
БОРЬБЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В УСЛОВИЯХ  
ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ**

*Аннотация.* Рассмотрен вопрос разработки алгоритма интеллектуальной поддержки управления рациональным планированием освоения специалистами средств радиоэлектронной борьбы для повышения качества обработки информации в условиях информационного противодействия.

*Ключевые слова:* алгоритм, информация, управление, рациональное планирование, система, модель, адекватность.

**A. N. Potapov, V. R. Khasanov**  
(Voronezh State Forestry Engineering University  
named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia)

**INTELLECTUAL SUPPORT FOR THE FORMATION  
OF A MANAGEMENT SYSTEM FOR PLANNING  
THE DEVELOPMENT OF ELECTRONIC  
WARFARE EQUIPMENT BY SPECIALISTS  
FOR INFORMATION PROCESSING IN THE CONTEXT  
OF INFORMATION COUNTERACTION**

*Abstract.* The paper considers the issue of developing an algorithm for intellectual support of rational planning management for the development of electronic warfare equipment by specialists to improve the quality of information processing in the context of information counteraction.

*Keywords:* algorithm, information, management, rational planning, system, model, adequacy.

В процессе практического освоения специалистами средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ) наряду с тренажерами

$$S = \{S_S, S_I, S_M\} = \{S_j\} \quad (1)$$

необходимо использовать штатную технику (ШТ) ( $G$ ).

Здесь  $S_S$  – специализированный тренажер;  $S_I$  – комплексный тренажер;  $S_M$  – тренажерный режим средств РЭБ.

Это вызвано ограничением адекватности  $S$ , приводящим к привитию операторам как полезных, так и вредных навыков, а только на ШТ ( $G$ ) можно полностью устранить последнее.

С учетом этого возможны различные варианты применения тренажерных средств РЭБ [1] (табл. 1) из множества

$$Q = S \cup G = \{S_S, S_I, S_M, G\} = \{Q_j\}. \quad (2)$$

Однако использование тренажерных средств  $Q_j \in Q$  ограничено не только их адекватностью  $\gamma_j$  [2], но и общими затратами, отводимыми на тренажерную подготовку:

$$Z = \sum_{j=1}^k Z_G \alpha_j N_j; \quad (3)$$

$$N_j = \frac{\ln(\gamma_j - \omega_{C_j}) - \ln(\gamma_j - \omega_{C_{j-1}})}{\ln(1 - \xi_j)}, \quad (4)$$

где  $k$  – количество тренажерных средств;  $Z_G$  – средняя стоимость одной тренировки на ШТ;  $N_j$  и  $\alpha_j$  – количество тренировок и отношение средней стоимости одной тренировки на  $j$ -м тренажерном средстве к средней стоимости на ШТ;  $\omega_{C_j}$  и  $\xi_j$  – уровень и доля навыков  $C$ , приобретаемые за одну тренировку на  $j$ -м тренажерном средстве.

### 1. Варианты применения тренажерных средств РЭБ

Вариант	Последовательность применения $Q_j$			
	$S_S$	$S_I$	$S_M$	$G$
1	1	2	3	4
2	1	2	–	3
3	1	–	2	3
4	1	–	–	2
5	–	1	2	3
6	–	1	–	2
7	–	–	1	2
8	–	–	–	1

На основе минимизации (3) по  $\omega_{Cj}$  получена формула

$$\omega_{Cj} = \frac{\alpha_{j+1}\gamma_j \ln(1-\xi_j) - \alpha_j\gamma_{j+1} \ln(1-\xi_{j+1})}{\alpha_{j+1} \ln(1-\xi_j) - \alpha_j \ln(1-\xi_{j+1})}, \quad (5)$$

позволяющая определить оптимальный переходный уровень правильных навыков с  $Q_j$  на более адекватное тренажное средство  $Q_{j+1}$ .

В соответствии с работой [2] доля правильных  $C$  навыков для тренажного средства  $Q_j$  с учетом ранее приобретенных правильных  $C$  и ложных  $F$  навыков на тренажерном средстве  $Q_{j-1}$  определяется как

$$\xi_j = \xi_{0j} \left( 1 - \frac{\omega_{Fj-1}}{\omega_{Cj-1}} \right), \quad (6)$$

где  $\xi_{0j}$  – доля приобретаемых навыков при обучении оператора с использованием только одного тренажного средства  $Q_j$ .

На основании (6) формула (5) имеет вид

$$\omega_{Cj} = \frac{\alpha_{j+1}\gamma_j \ln \left( 1 - \xi_{0j} \left( 1 - \frac{\omega_{Fj-1}}{\omega_{Cj-1}} \right) \right) - \alpha_j\gamma_{j+1} \ln \left( 1 - \xi_{0j+1} \left( 1 - \frac{\omega_{Fj}}{\omega_{Cj}} \right) \right)}{\alpha_{j+1} \ln \left( 1 - \xi_{0j} \left( 1 - \frac{\omega_{Fj-1}}{\omega_{Cj-1}} \right) \right) - \alpha_j \ln \left( 1 - \xi_{0j+1} \left( 1 - \frac{\omega_{Fj}}{\omega_{Cj}} \right) \right)}. \quad (7)$$

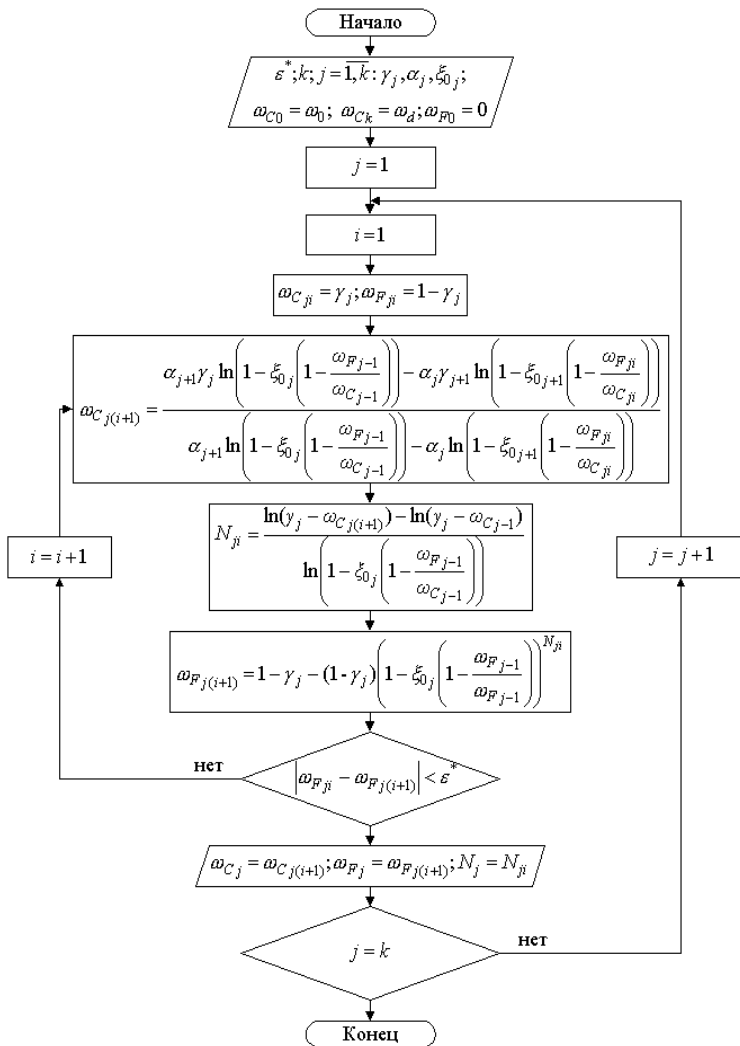
Операторам из-за ограниченной адекватности тренажерного средства  $Q_j$ , помимо приобретения правильных  $C$  навыков, прививаются ложные  $F$  навыки [3]:

$$\omega_{Fj} = 1 - \gamma_j - (1 - \gamma_j)(1 - \xi_j)^{N_j}. \quad (8)$$

Однако пользоваться формулой (4) в явном виде не представляется возможным, так как:

- определяемая величина  $\omega_{Cj}$  входит в правую часть формулы (6);
- величина  $\omega_{Fj}$ , находящаяся в правой части формулы (7), является функцией от  $N_j$ , значение которого находится по формуле (4) в зависимости от определяемой величины  $\omega_{Cj}$ .

Для разрешения этой проблемы предложен алгоритм интеллектуальной поддержки управления рациональным планированием практического освоения специалистами средств радиоэлектронной борьбы.



**Рис. 1. Алгоритм интеллектуальной поддержки управления рациональным планированием практического освоения специалистами средств радиоэлектронной борьбы**

Суть алгоритма состоит в следующем:

- первоначально в формуле (7) задаются  $\omega_{Cj} = \gamma_j$  и  $\omega_{Fj} = 1 - \gamma_j$  и определяется уточненное значение  $\omega_{Cj}$ ;

- по формуле (4) с учетом (6) определяется  $N_j$ ;
- по формуле (8) с учетом (6) определяется уточненное значение  $\omega_{Fj}$ ;
- затем в формуле (7) подставляются уже уточненные значения  $\omega_{Cj}$  и  $\omega_{Fj}$ ;
- далее все повторяется до тех пор, пока для  $\omega_{Fj}$  не будет достигнута заданная точность  $\varepsilon^*$ .

На рисунке 1 представлен алгоритм интеллектуальной поддержки управления рациональным планированием практического освоения специалистами средств радиоэлектронной борьбы.

Этот алгоритм способствует определению конфликтно-устойчивых переходных уровней обученности с одного тренажного средства на более адекватное.

#### ***Список использованных источников***

1. Потапов А. Н. Обеспечение качества применения компьютерных систем тренажа : монография / А. Н. Потапов, В. А. Дикарев, Р. Р. Султанов ; под ред. В. В. Сысоева. – Балашов : Изд-во «Николаев», 2002. – 88 с.
2. Оксюта, О. В. Формализация проблемы управления в условиях неопределенности / О. В. Оксюта, А. Л. Курина // Моделирование систем и процессов. – 2018. – Т. 11, № 3. – С. 60 – 67.
3. Зольников В. К. Моделирование и анализ производительности алгоритмов балансировки нагрузки облачных вычислений / В. К. Зольников, О. В. Оксюта, Н. Ф. Даюб // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 32 – 39.

#### ***References***

1. Potapov, A. N. Quality assurance application of computer coaching systems : Monograph / A. N. Potapov, V. A. Dikarev, R. R. Sultanov ; edited by V. V. Sysoev. – Balashov : Publishing house “Nikolaev”, 2002. – 88 p.
2. Oksiuta, O. V. Formalization of the problem of management in conditions of uncertainty / O. V. Oksiuta, A. L. Kurina // Modeling of systems and processes. – 2018. – V. 11, No. 3. – P. 60 – 67.
3. Zolnikov, V. K. Modeling and performance analysis of algorithms for load balancing cloud computing / V. K. Zolnikov, O. V. Oxyuta, N. F. Dayub // Modeling of systems and processes. – 2020. – V. 13, No. 1. – P. 32 – 39.

**Ю. Ю. Громов<sup>1</sup>, И. Н. Ищук<sup>2</sup>, В. В. Родионов<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,

e-mail: gromovtambov@yandex.ru;

<sup>2</sup>Главное управление инновационного развития, Москва, Россия,

e-mail: boerby76@mail.ru;

<sup>3</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил

«Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского

и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия,

e-mail: i@vadim-rodionov.ru)

## **ОБНАРУЖЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Аннотация.* Рассмотрено применение метода сегментации разновременных многоспектральных изображений (СРМИ) с использованием сверточной нейронной сети (СНС) глубокого обучения U-net для обнаружения и распознавания сельскохозяйственных объектов.

*Ключевые слова:* земная поверхность, теплофизические параметры, идентификация, обнаружение и распознавание объектов, нейронные сети, глубокое обучение.

**Yu. Yu. Gromov<sup>1</sup>, I. N. Ishchuk<sup>2</sup>, V. V. Rodionov<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>TSTU, Tambov, Russia;

<sup>2</sup>The Main Department of Innovative Development, Moscow, Russia;

<sup>3</sup>Military Training and Research Center of the Air Force

“Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky  
and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russia)

## **DETECTION AND IDENTIFICATION OF AGRICULTURAL FACILITIES USING INTELLIGENT TECHNOLOGIES**

*Abstract.* The article discusses the application of the segmentation method of multi-time multispectral images (MPMI) using the convolutional neural network (SNN) of deep learning U-net for the detection and recognition of agricultural objects.

*Keywords:* Earth's surface, thermophysical parameters, identification, object detection and recognition, neural networks, deep learning.

Обнаружение и идентификация сельскохозяйственных объектов, таких как отдельные растения или группы культур, а также объектов, представляющих опасность для урожая (сорняки, вредители), на изображениях, получаемых с летательных аппаратов (дронов), является



неотъемлемой частью управления сельскохозяйственными угодьями. Традиционные методы обнаружения и распознавания часто полагаются на ручное или полуавтоматическое выделение особенностей, что может быть трудоемким и ненадежным.

В последние годы нейронные сети (НС) глубокого обучения стали эффективным инструментом в области обработки изображений и решения задач распознавания и классификации объектов. НС могут быть обучены на больших наборах данных изображений, что позволяет им распознавать различные виды и сорта растений, а также оценивать их здоровье и зрелость. Эта информация может быть использована для обнаружения заболеваний и оценки урожайности. На рисунке 1 представлен обучающий набор данных в видимом и инфракрасном диапазонах длин волн.



**Рис. 1. Пример обучающего набора данных**

В данной статье рассматривается применение метода сегментации разновременных многоспектральных изображений (СРМИ) с использованием сверточной нейронной сети (СНС) глубокого обучения U-net для обнаружения и распознавания сельскохозяйственных объектов.

Сегментация разновременных многоспектральных изображений – это процесс разделения изображения на однородные сегменты с точки зрения их спектральных или временных характеристик. Метод широко применяется в анализе дистанционного зондирования для обнаружения изменений в ландшафтах [1].

Основной критерий поиска объектов – разница в тепловом контрасте между техногенными объектами и фоном. Поскольку тепловой контраст зависит от времени съемки и является случайным параметром, возникает ряд недостатков таких поисковых систем. Во-первых, с течением времени периодический теплообмен между техногенным объектом и окружающей средой снижает контрастность ИК-изображений. В ночное время изображения, полученные с тепловизионного приемника, менее контрастны, что затрудняет процесс поиска объектов. Во-вторых, при обработке данных аэрофотосъемки из всего набора используются только самые контрастные

или информативные изображения, остальные отбрасываются [2]. Следовательно, для более эффективного поиска объектов необходимо выделить детерминированные параметры объектов, такие как их теплофизические свойства, включая теплопроводность и теплоемкость.

Для повышения точности обучения нейронной сети применяется метод, заключающийся в построении кубоида разновременных многоспектральных изображений, состоящий из трехслойного набора аэрофотопланов видимого спектра и шестислойного набора инфракрасного спектра. Кроме того, формируется изображение с метками, указывающими на принадлежность каждого объекта к определенному классу («Дереья», «Трава» и т.д.) [3].

Этот подход значительно улучшает производительность нейронной сети и точность классификации. Использование данных из различных спектров обеспечивает нейронную сеть более полным и точным представлением объектов на местности. Это позволяет сети автоматически распознавать закономерности и особенности в изображениях.

Таким образом, нейронные сети глубокого обучения быстро становятся незаменимым инструментом в сельском хозяйстве, помогая решать широкий спектр задач, от обнаружения и распознавания растений до прогнозирования урожайности. По мере совершенствования НС и накопления большего объема данных сельскохозяйственная отрасль будет продолжать пользоваться преимуществами этих мощных инструментов.

#### *Список использованных источников*

1. Сутырина, Н. Е. Дистанционное зондирование земли : учебное пособие / Е. Н. Сутырина. – Иркутск : ИГУ, 2013. – С. 38 – 50.
2. Ишук, И. Н. Идентификация свойств скрытых подповерхностных объектов в инфракрасном диапазоне волн : монография / И. Н. Ишук, А. И. Фесенко, Ю. Ю. Громов. – М. : Машиностроение, 2008. – 184 с.
3. Громов, Ю. Ю. Применения нейронной сети глубокого обучения u-net для решения задач обнаружения и распознавания объектов / Ю. Ю. Громов, И. Н. Ишук, В. В. Родионов // *Авиакосмическое приборостроение*. – 2023. – С. 3 – 14.

#### *References*

1. Sutyryna, N. E. Remote sensing of the Earth: studies. the manual / E. N. Sutyryna. – Irkutsk : IGU, 2013. – P. 38 – 50.
2. Ishchuk, I. N. Identification of properties of hidden subsurface objects in the infrared wavelength range : Monograph / I. N. Ishchuk, A. I. Fesenko, Yu. Yu. Gromov. – M. : Mechanical engineering, 2008. – 184 p.
3. Gromov, Yu. Yu. Applications of the deep learning neural network unet for solving problems of object detection and recognition / Yu. Yu. Gromov, I. N. Ishchuk, V. V. Rodionov // *Aerospace instrumentation*. – 2023. – P. 3 – 14.

**Ю. Ю. Громов<sup>1</sup>, И. Н. Ищук<sup>2</sup>, В. В. Родионов<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,

e-mail: gromovtambov@yandex.ru;

<sup>2</sup>Главное управление инновационного развития, Москва, Россия,

e-mail: boerby76@mail.ru;

<sup>3</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил

«Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского

и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия,

e-mail: i@vadim-rodionov.ru)

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОДПОВЕРХНОСТНЫХ ОБЪЕКТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

*Аннотация.* Рассмотрены перспективы применения искусственного интеллекта в задачах обнаружения и распознавания подповерхностных объектов агропромышленного комплекса.

*Ключевые слова:* подповерхностные объекты, искусственный интеллект, машинное обучение, обнаружение и распознавание объектов, нейронные сети.

**Yu. Yu. Gromov<sup>1</sup>, I. N. Ishchuk<sup>2</sup>, V. V. Rodionov<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>TSTU, Tambov, Russia;

<sup>2</sup>The Main Department of Innovative Development, Moscow, Russia;

<sup>3</sup>Military Training and Research Center of the Air Force

“Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky

and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russia)

## **PROSPECTS OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO IDENTIFY SUBSURFACE OBJECTS IN AGRICULTURE**

*Abstract.* The article discusses the prospects of using artificial intelligence in the tasks of detecting and recognizing subsurface objects of the agro-industrial complex.

*Keywords:* subsurface objects, artificial intelligence, machine learning, object detection and recognition, neural networks.

Развитие сельского хозяйства тесно связано с необходимостью обнаружения и распознавания подповерхностных объектов, таких как подземные водные ресурсы, корни растений, аномалии, а также различные геологические и археологические образования. Это важно для принятия обоснованных решений о распределении ресурсов, оптимизации полива, удобрений и многих других аспектов сельскохозяй-

ственного производства. Однако обнаружение и распознавание этих объектов представляет собой сложную задачу, требующую применения передовых технологий, включая искусственный интеллект.

Одним из ключевых направлений в применении искусственного интеллекта в обнаружении и распознавании сельскохозяйственных подповерхностных объектов является анализ подземных структур. Современные технологии, такие как георадары и электромагнитные методы исследования, позволяют получать данные о подземных образованиях на различных глубинах. Однако обработка и анализ этих данных требуют высокой вычислительной мощности и специализированных алгоритмов. Искусственный интеллект позволяет создавать системы, способные автоматически обрабатывать и анализировать данные, полученные из различных источников, и выявлять особенности подземных структур. Методы машинного обучения позволяют системе выявлять закономерности в полученных данных, классифицировать образования и давать точные прогнозы о их характеристиках [1].

Развитие технологий обнаружения и распознавания подповерхностных объектов играет ключевую роль в повышении эффективности сельскохозяйственного производства. Среди передовых технологий, применяемых в данной области, можно выделить инфракрасную и мультиспектральную съемку, обеспечивающую возможность анализа состава и структуры почвы, а также обнаружение растительного покрова и корневой системы. Системы обработки изображений, использующие компьютерное зрение и методы глубокого обучения для автоматического обнаружения и классификации подповерхностных объектов, позволяют оперативно обрабатывать данные, точно обнаруживать различные подповерхностные объекты и предоставлять информацию, необходимую для принятия обоснованных решений в сельском хозяйстве [2]. В сельском хозяйстве применение алгоритмов машинного обучения имеет большой потенциал для автоматизации процессов обнаружения и распознавания подповерхностных объектов. Алгоритмы машинного обучения позволяют системам анализировать большие объемы данных, выявлять закономерности и строить модели, способные предсказывать характеристики подповерхностных объектов на основе имеющихся данных. В сельскохозяйственной области алгоритмы машинного обучения можно применять для:

- определения состава и структуры почвы на основе инфракрасной и мультиспектральной съемки;
- классификации растительного покрова и корневой системы на основе снимков сельскохозяйственных угодий.

Эти задачи требуют разработки специализированных алгоритмов, учитывающих особенности данных, специфику объектов и требования к точности и скорости обнаружения и распознавания. При этом искусственный интеллект играет важную роль в развитии таких алгоритмов, обеспечивая их адаптивность, точность и масштабируемость [3].

Таким образом, перспективы в области обнаружения сельскохозяйственных подповерхностных объектов требуют комплексного подхода, включающего в себя разработку передовых технологий, алгоритмов машинного обучения и систем, основанных на искусственном интеллекте. Решение этих вызовов позволит значительно повысить эффективность сельскохозяйственного производства, улучшить управление ресурсами и сделать сельское хозяйство более устойчивым и прибыльным.

### ***Список использованных источников***

1. Улядурова, Е. А. Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Молодежная наука / Е. А. Улядурова, О. Н. Ивашова, Е. А. Яшкова. – Пермь : ИПЦ Прокрость, 2022. – С. 22–23.
2. Ивашова, О. Н. Применение искусственного интеллекта в АПК. Актуальные проблемы современного развития России в условиях глобальных вызовов / О. Н. Ивашова, Е. А. Яшкова, Е. А. Черныатьева. – М., 2023. – С. 62 – 66.
3. Родионов, В. В. Применение технологий искусственного интеллекта в задачах обработки данных дистанционного мониторинга поверхности земли. Автоматизация в промышленности / В. В. Родионов, И. Н. Ищук, Ю. Ю. Громов // Автоматизация в промышленности. – 2024. – № 1. – С. 26 – 28.

### ***References***

1. Ulyadurova, E. A. Application of artificial intelligence technologies in agriculture. Youth science / E. A. Ulyadurova, O. N. Ivashova, E. A. Yashkova. – Perm : CPI Prokrost, 2022. – P. 22–23.
2. Ivashova, O. N. Application of artificial intelligence in agriculture. Actual problems of modern development of Russia in the context of global challenges / O. N. Ivashova, E. A. Yashkova, E. A. Chernyatyeva. – M., 2023. – P. 62 – 66.
3. Rodionov, V. V. Application of artificial intelligence technologies in data processing tasks of remote monitoring of the Earth's surface. Automation in industry / V. V. Rodionov, I. N. Ishchuk, Yu. Yu. Gromov // Automation in industry. – 2024. – No. 1. – P. 26 – 28.

**М. М. Смотряев**  
(Кафедра «Информационная безопасность»,  
НИУ МИЭТ, Москва, Россия,  
e-mail: cookielover340@yandex.ru)

**ПРИНЦИПЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ  
ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ДЛЯ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ANDROID,  
ИСПОЛЬЗУЕМОГО В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к обеспечению безопасности прикладного программного обеспечения для операционной системы Android, учитывая потребности агропромышленных комплексов. Приоритет будет давать целостности и доступности информации.

*Ключевые слова:* Android, приложения, программное обеспечение, целостность, доступность, конфиденциальность.

**М. М. Smotryaev**  
("Information Security" Faculty,  
NRU MIET, Moscow, Russia)

**THE PRINCIPLES OF BUILDING SECURE APPLICATION  
SOFTWARE FOR THE ANDROID OPERATING SYSTEM USED  
IN AGRICULTURAL COMPLEX**

*Abstract.* An approach to ensuring the security of application software for the Android operating system is considered, taking into account the needs of agro-industrial complexes. Priority will be given to the integrity and availability of information.

*Keywords:* Android, applications, software, Application Programming Interface (API), integrity, availability, confidentiality.

По состоянию на 2024 г. Android OS является самой популярной мобильной операционной системой в мире. Она сочетает в себе такие качества, как нетребовательность к аппаратным ресурсам, а также простоту разработки приложений к данной системе. Благодаря этой особенности устройства на операционной системе Android могут использоваться в агропромышленном комплексе.

Для агропромышленного комплекса приоритет дается доступности и целостности обрабатываемой информации, так как получение некорректных данных или команд может привести к катастрофическим последствиям. Например, нарушение целостности передаваемой команды или несвоевременность ее получения может дать непредви-

денный результат. Таким образом, очень важна реализация криптографической защиты путем добавления имитовставки в передаваемое сообщение [1].

Структура безопасности приложений для Android должна включать в себя как минимум:

- контроль целостности;
- обфускацию программного кода приложения;
- защиту пользовательских данных;
- аутентификацию пользователей на устройстве.

Контроль целостности данных приложения обеспечивается путем сверки хешей файлов и данных приложения с эталонными, сгенерированными либо при написании приложения, либо при окончании сессии с приложением, если речь о конфигурационных файлах или иных ячейках памяти, которые в ходе работы приложения вынуждены меняться [2]. Это позволит обеспечить неизменность данных программы в тот момент, пока она не используется. Компанией Google создана процедура Android Verified Boot, осуществляющая контроль целостности системных разделов при запуске устройства [3]. Для обеспечения безопасности непосредственно приложений на устройстве, аналог Android Verified Boot должен иметься в самом прикладном программном обеспечении.

Обфускация исходного кода приложения обеспечивает защиту от реверс-инжиниринга и модификации алгоритма работы программы. Она состоит в приведении исходного кода в нечитаемый и непонятный для человека вид, сохраняя исходный функционал программного обеспечения [4]. Благодаря данной процедуре значительно усложняется анализ уже скомпилированного приложения внешним наблюдателем, получившим дистрибутив. Это позволит скрыть алгоритм работы программы.

Защита пользовательских данных и их шифрование особенно актуально в случае, когда устройством пользуются несколько человек. Вместе с этим должна быть реализована аутентификация пользователей на устройстве. Для этого могут использоваться разные идентификаторы: от пароля и графического ключа, вплоть до биометрии, включая отпечаток пальца или скан сетчатки глаза.

Аутентификация пользователей также позволит обеспечить неотказуемость в сети и на устройстве, так как по журналам на устройстве будет видно, какой пользователь совершил то или иное действие. Разграничение доступа позволит предоставлять более высокие полномочия на устройстве. Так, одному пользователю на устройстве в приложении может быть доступен интерфейс камеры или микрофона, в то время как другому человеку на том же самом устройстве с исполь-

зованием того же самого приложения – нет. При этом доступ к API Android будет одинаковый, но возможности будут ограничены на уровне приложения.

Разрабатываемые мобильные приложения, используемые в различных сферах, включая агропромышленность, должны использовать комплексный подход в обеспечении конфиденциальности, доступности и целостности передаваемой информации, и той, что хранится на устройстве. Рассмотренные выше принципы безопасности позволят сделать надежным информационный обмен между узлами сети агропромышленного комплекса и ускорить информатизацию данной области.

#### ***Список использованных источников***

1. Губарев, А. В. Модель угроз системы передачи данных между управляющим программным обеспечением и аппаратным средством / А. В. Губарев // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2015. – Т. 11, № 2. – С. 524 – 531.

2. Смотров, М. М. Метод обеспечения неизменности конфигурации операционной системы Android для рабочих устройств / М. М. Смотров, Д. А. Поплавский, Р. Я. Панцыр // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций «РТ – 2022» : материалы 18 Международ. молодежной науч.-техн. конф. – Севастополь : СевГУ, 2022. – С. 199.

3. Зобнин, Е. Е. Android глазами хакера / Е. Е. Зобнин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2021. – 272 с.

4. Лапин, С. А. Применение принципов обфускации к защите алгоритма работы программных продуктов / С. А. Лапин ; под ред. Е. Д. Родионова // Ломоносовские чтения на Алтае : сб. науч. ст. Междунар. молодежной школы-семинара, Барнаул, 5 – 8 ноября, 2013 : в 6 ч. Часть II. – Алтайский государственный университет. – 2013. – С. 11 – 13.

#### ***References***

1. Gubarev, A. V. Threat model of a data transmission system between control software and hardware / A. V. Gubarev // Modern information technologies and IT education. – 2015. – V. 11, No. 2. – P. 524 – 531.

2. Smotyayev, M. M. Method of ensuring the immutability of the configuration of the Android operating system for working devices / M. M. Smotyayev, D. A. Poplavsky, R. Ya. Pantsyr // Modern problems of radioelectronics and telecommunications “RT – 2022” : materials of the 18th International Youth Scientific and technical conference. – Sevastopol : SevSU, 2022. – P. 199.

3. Zobnin, E. E. Android through the eyes of a hacker / E. E. Zobnin. – St. Petersburg : BHV-Petersburg, 2021. – 272 p.

4. Lapin, S. A. Application of the principles of obfuscation to the protection of the algorithm of software products / S. A. Lapin // Collection of scientific articles of the international youth school seminar “Lomonosov readings in Altai”, Barnaul, November 5 – 8, 2013 : in 6 parts / Edited by Rodionov E. D. – Part II. – Altai State University. – 2013. – P. 11 – 13.



**Ю. Ю. Громов<sup>1</sup>, И. Н. Ищук<sup>2</sup>, Б. К. Тельных<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,

e-mail: gromovtambov@yandex.ru;

<sup>2</sup>Главное управление инновационного развития, Москва, Россия,

e-mail: boerby76@mail.ru;

<sup>3</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил

«Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского

и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия)

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ  
ОБЪЕКТОВ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА  
ПО ДАННЫМ РАЗНОВРЕМЕННЫХ ИНФРАКРАСНЫХ  
ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ  
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

*Аннотация.* Представлен нейросетевой интеллектуальный алгоритм распознавания объектов воздушного дистанционного мониторинга по данным инфракрасных изображений, поступающих с многоспектральных оптико-электронных систем беспилотных летательных аппаратов. Описан принцип работы, этапы, реализация алгоритма. Отражены результаты проверки работоспособности предложенного алгоритма на реальных данных.

*Ключевые слова:* дистанционный мониторинг, искусственная нейронная сеть, беспилотный летательный аппарат, теплофизические параметры.

**Yu. Yu. Gromov<sup>1</sup>, I. N. Ishchuk<sup>2</sup>, B. K. Telykh<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>TSTU, Tambov, Russia;

<sup>2</sup>The Main Department of Innovative Development, Moscow, Russia;

<sup>3</sup>Military Training and Research Center of the Air Force

“Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky

and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russia)

**AN INTELLIGENT ALGORITHM FOR RECOGNIZING REMOTE  
MONITORING OBJECTS BASED ON MULTI-TIME INFRARED  
IMAGES BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

*Abstract.* The paper presents a neural network intelligent algorithm for recognizing objects of aerial remote monitoring based on infrared images received from multispectral optoelectronic systems of unmanned aerial vehicles. The principle of operation, stages, and implementation of the algorithm are described. The results of checking the operability of the proposed algorithm on real data are reflected.

*Keywords:* remote monitoring, artificial neural network, unmanned aerial vehicle, thermophysical parameters.

Современные многоспектральные оптико-электронные системы (МОЭС), размещенные на беспилотных летательных аппаратах (БпЛА), позволили непрерывно в течение суток осуществлять сбор видовой информации об объектах дистанционного мониторинга (ОДМ) района исследования. Однако возникает необходимость дешифрирования большого объема данных, поступающих с МОЭС БпЛА.

Существующие автоматизированные системы обработки данных ДМ недостаточно эффективны в отношении точности и оперативности обработки информации. Для обеспечения автономности поиска и распознавания объектов интереса в инфракрасном (ИК) диапазоне длин волн необходимо внедрение моделей и алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ), основанных на технологиях искусственных нейронных сетей (ИНС), обладающих следующими преимуществами: работа с большим объемом данных, высокая скорость обработки информации и автономность действий, высокая адаптивность, самообучаемость и др. ИНС позволяют эффективно решать указанные задачи, в том числе и в автономном режиме.

Постановка задачи распознавания ОДМ по данным разновременных инфракрасных изображений методами машинного обучения заключается в следующем.

Имеются множества ОДМ на разновременных ИК-изображениях  $\mathbb{X}$ , каждое из которых задано вектором признаков  $\vec{x}$ , обучающая выборка ОДМ  $\mathbb{X}_{train} \subset \mathbb{X}$  из  $L$  объектов, для которых задан целевой признак  $y$ . Задается функционал качества  $\mathcal{L}(a, \vec{x}, y)$ , характеризующий насколько хорошо алгоритм  $a$  аппроксимирует значения целевого признака для объектов из множества  $\mathbb{X}$ . Необходимо задавать параметры алгоритма  $a$  таким образом, чтобы функционал качества  $\mathcal{L}(a, \vec{x}, y)$  достигал минимума.

Для минимизации переобучения обучающая выборка разделена на независимые части:

$\mathbb{X}_{train}$  – тренировочная подвыборка;

$\mathbb{X}_{val}$  – валидационная подвыборка, причем  $\mathbb{X}_{train} \cap \mathbb{X}_{val} = \emptyset$ .

Необходимо обучать модель на  $\mathbb{X}_{train}$ , добиваясь минимальной ошибки на  $\mathbb{X}_{val}$ .

Задачей машинного обучения является решение задачи экстраполяции данных из  $\mathbb{X}_{train}$  в  $\mathbb{X}$ , для того чтобы алгоритм распознавания обладал обобщающей способностью [1].

Для классификации ОДМ по данным разновременных ИК-изображений необходимо определить достоверный вектор признаков для каждого класса.

В качестве вектора признаков могут использоваться теплофизические параметры материалов (ТФП), а именно тепловая активность материала (тепловая инерция)  $I$ , определяемая в соответствии с выражением [2]

$$I = \sqrt{\lambda C \rho},$$

где  $\lambda$  – теплопроводность [ $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ ];  $C$  – удельная теплоемкость [ $\text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ ];  $\rho$  – плотность [ $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$ ] материалов и сред.

Для разработки алгоритма распознавания ОДМ по данным разновременных ИК-изображений использована модель ИНС трехслойного персептрона Розенблатта. Он основан на упрощенной модели биологической нейронной сети, представляющей собой совокупность нейронов, взаимодействующих между собой. Состоит из входного, выходного и расположенного между ними нескольких скрытых слоев нейронов [3].

Программная реализация алгоритма выполнена с использованием математического пакета Matlab с пакетом расширения Deep Learning Toolbox для обучения моделей ИНС.

Нейросетевой интеллектуальный алгоритм распознавания ОДМ по данным разновременных ИК-изображений заключается в выполнении следующих этапов:

*Этап 1. Сформировать обучающую выборку.* Исходными данными обучающей выборки ИНС использованы разновременные инфракрасные изображения и одно изображение в видимом диапазоне длин волн, полученные с ОЭС БлПА в режиме полета съемки ортофотопланов в ходе натурального суточного эксперимента в зимний период времени. Время 12:00 – исключено из обработки ввиду вносимых погрешностей из-за наличия тепловых теней, возникающих от Солнца.

*Этап 2. Обучить нейронную сеть.* Для минимизации переобучения алгоритма ИНС выполним разбиение обучающей выборки в следующих пропорциях:

$\mathbb{X}_{train}$  – тренировочная подвыборка – 70%;

$\mathbb{X}_{val}$  – валидационная подвыборка – 15%;

$\mathbb{X}_{test}$  – тестовая подвыборка – 15%.

Для оценки качества модели выделены значения функции перекрестной энтропии  $H(p, q) \rightarrow \min$ . График изменения функционала в процессе обучения алгоритма представлен на рис. 1.

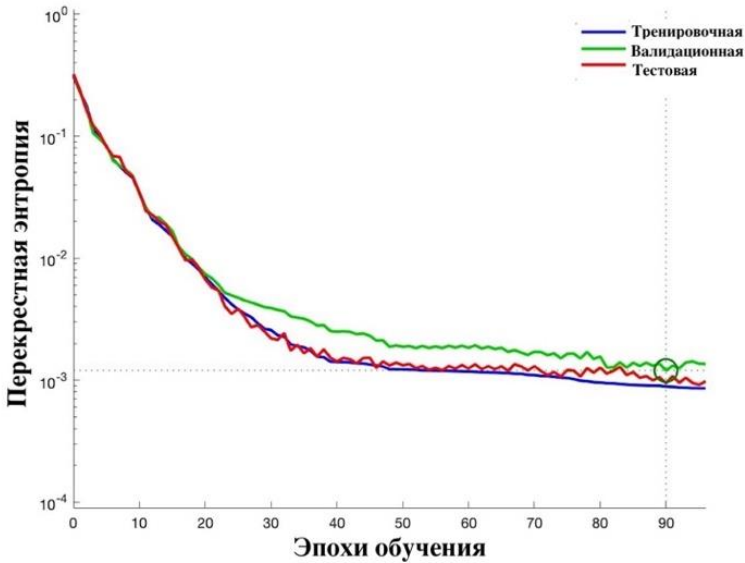
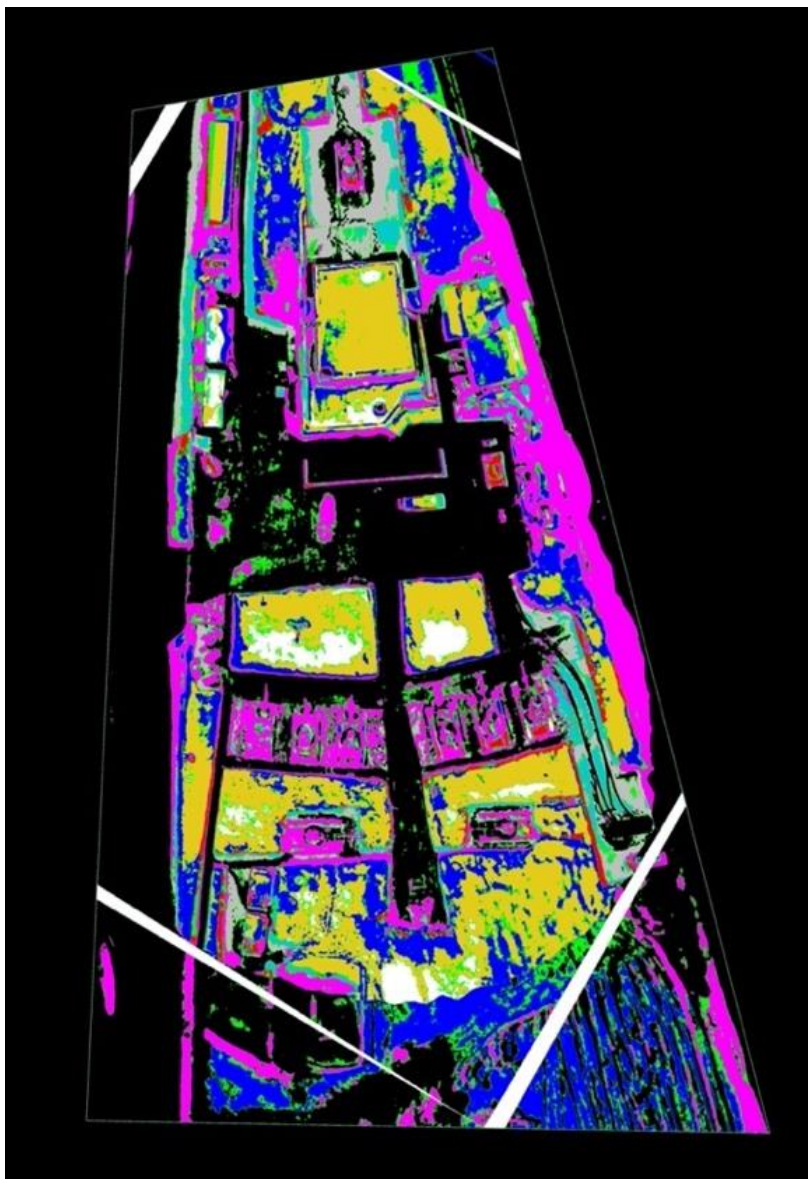


Рис. 1. График функционала качества по эпохам обучения

*Этап 3. Проверить работоспособность алгоритма.* Выполнена проверка работоспособности алгоритма путем загрузки реального изображения в модель ИНС. Под реальным изображением понимается ортофоплан района полета БПЛА в течение суток в ИК-диапазоне длин волн. Результат работы алгоритма представлен на рис. 2.

Анализ полученных результатов указывает на то, что алгоритм обеспечивает приемлемую достоверность классификации заданных объектов, при этом выявляет объекты особого интереса.

Таким образом, обработка кубоида ИК-изображений и изображений в видимом диапазоне длин волн на основе алгоритмов ИНС позволяет выделить области со схожей динамикой изменения тепловых контрастов, обусловленные соответствующей тепловой инерцией материалов объектов и фонов. При этом достигается приемлемая достоверность распознавания ОДМ на изображениях видимого и ИК-диапазона длин волн.



**Рис. 2. Ортофотоплан района ДМ, обработанный нейросетевым алгоритмом распознавания ОДМ по данным теплофизических параметров объектов и фонов**

### ***Список использованных источников***

1. Goodfellow, I. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – MIT Press, 2016. – 775 p.
2. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1973. – 117 с.
3. Бекешко, Н. А. Инфракрасный метод обнаружения скрытых дефектов в сопротивлениях / Н. А. Бекешко, П. К. Ощепков // Дефектоскопия. – 1965. – № 5. – С. 30 – 33.
4. Deep Learning Toolbox documentation: official site [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/> (дата обращения: 10.04.2023).

### ***References***

1. Goodfellow, I. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – MIT Press, 2016. – 775 p.
2. Fokin, K. F. Construction heat engineering of enclosing parts of buildings. – 4th, revised and expanded / K. F. Fokin. – M. : Stroyizdat, 1973. – 117 p.
3. Bekeshko, N. A. Infrared method for detecting hidden defects in resistances / N. A. Bekeshko, P. K. Oshchepkov // Flaw detection. – 1965. – No. 5. – P. 30 – 33.
4. Deep Learning Toolbox documentation: official site [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/> (Accessed: 10.04.2023).

**М. В. Чугунов, И. Н. Полунина, А. С. Гариков**  
(Кафедра «Конструкторско-технологической информатики»,  
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева», г. Саранск, Россия,  
e-mail: m.v.chugunov@mail.ru, my\_pk@mail.ru, garikov@mail.ru)

## **ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ КОЛЕСНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к построению интегрированных моделей колесных мобильных роботов. Интегрированная модель включает в себя две взаимосвязанные составляющие: натурную (физическую) и виртуальную (CAx). Представлены научно-исследовательский и учебно-методический аспекты моделирования, актуальные для решения задач цифровизации агропромышленного комплекса.

*Ключевые слова:* колесный мобильный робот, натурная и виртуальная модель, интегрированная модель.

**M. V. Chugunov, I. N. Polunina, A. S. Garikpov**  
(Department of Design and technological informatics,  
National Research Mordovia State University: MRSU, Saransk, Russia)

## **INTEGRATED APPROACH TO MODELING WHEELED MOBILE ROBOTS**

*Abstract.* The approach to construction of integrated models of wheeled mobile robots is considered. The integrated model includes two interconnected components: natural (physical) and virtual (CAx). Scientific-research and educational-methodical aspects of modeling, relevant for solving the problems of digitalization of the agro-industrial complex, are presented.

*Keywords:* wheeled mobile robot, physics and virtual model, integrated model.

Моделирование робототехнических систем и, в частности, мобильных наземных роботов, используемых в агропромышленном комплексе, на практике реализуются как в виртуальной, так и натурной среде. Виртуальные среды представляют собой, как правило, либо системы автоматизированного проектирования с функциями анализа, либо специализированные системы имитационного моделирования.

Первый вариант моделирования, как например рассмотренный в работе [1], отличается более высокой трудоемкостью, но и дает ряд преимуществ. В частности, сама виртуальная модель представляет собой собственно цифровой проект робота, а в случае должного каче-

ства исполнения может играть роль цифрового двойника со всеми вытекающими из этого факта возможностями. Второй вариант моделирования, как например рассмотренный в работе [2], дает возможность сосредоточиться на решаемой задаче анализа, но с той степенью подробности и точности, которую обеспечивает используемая система имитационного моделирования.

В случае натурального моделирования, как например в работе [3], виртуальная модель также используется, и она связана с натурной моделью, но в известных системах имитационного моделирования функционал имитационных моделей весьма ограничен и сводится лишь к решению частных задач, например траекторного управления.

В данной работе в развитие предыдущего опыта [4] предпринята попытка построения полнофункциональной интегрированной модели мобильного колесного робота. Виртуальная часть представляет собой САХ-модель, включающую в себя параметрическую САД-модель и САЕ-модель с функциями анализа состояния и поведения робота в терминах теоретической механики, механики деформируемого твердого тела, автоматического (траекторного) управления и путевой стабилизации. Натурная модель представляет собой физический объект, для которого виртуальная модель в некотором приближении может рассматриваться как цифровой двойник (рис. 1).

В качестве базы для построения натурной модели выбран конструктор Vigo.Land и ArduPilot/Pixhawk, для виртуальных моделей – САХ SolidWorks и T-Flex, MissionPlanner, а также API этих систем. API-приложения разработаны в средах MS VisualStudio (Code) C++/C#/Python.



**Рис. 1. Интегрированная модель мобильного робота**

*Работа выполнена при поддержке фонда Владимира Потанина.*



### ***Список использованных источников***

1. Разработка мобильного гусеничного робота с использованием технологии цифрового двойника / М. Д. Гладышев, А. В. Рыбаков, И. В. Михайлов, А. Р. Алиагаев // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2023) : материалы XXII Междунар. конф. имени А. Ф. Терпугова, Томск, 4 – 9 декабря 2023 года. – Томск : Томский государственный университет, 2023. – С. 357 – 360.
2. Имитационное моделирование сельскохозяйственной техники / М. С. Куприн, И. А. Осипов, Н. Е. Самохин, А. В. Ключиков // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники : материалы XXXVI Междунар. науч.-техн. конф. имени В. В. Михайлова, Саратов, 17–18 мая 2023 года. – Саратов : Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, 2023. – С. 169 – 175.
3. Угловский, А. С. Моделирование работы мобильного робота для обоснования его функциональных параметров и алгоритма управления / А. С. Угловский, Н. Ю. Семеренко // АгроЭкоИнженерия. – 2023. – № 4(117). – С. 57 – 72.
4. Интегрированная модель мобильной роботизированной платформы / М. В. Чугунов и др. // Инженерные технологии и системы. – 2021. – Т. 31, № 4. – С. 609 – 627.

### ***References***

1. Development of a mobile caterpillar robot using the technology of a digital twin / M. D. Gladyshev, A. V. Rybakov, I. V. Mikhailov, A. R. Aliagaev // Information Technologies and Mathematical Modeling (ITMM-2023): Materials of the XXII International Conference named after A. F. Terpugov, Tomsk, 4 – 9 December 2023. – Tomsk : Tom State University, 2023. – P. 357 – 360.
2. Simulation of agricultural machinery / M. S. Kuprin, I. A. Osipov, N. E. Samokhin, A. V. Klyuchikov // Problems of economy and operation of automotive equipment: Materials of the XXXVI International Scientific and Technical Conference named after V. V. Mikhailova, Saratov, May 17–18, 2023. – Saratov : Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, 2023. – P. 169 – 175.
3. Uglovsky, A. S. Modeling the work of a mobile robot to justify its functional parameters and control algorithm / A. S. Uglovsky, N. Yu. Semerenko // AgroEcoEngineering. – 2023. – No. 4(117). – P. 57 – 72.
4. Integrated model of a mobile robotic platform / M. V. Chugunov et al. // Engineering technologies and systems. – 2021. – V. 31, No. 4. – P. 609 – 627.

**М. Ю. Рытов, А. М. Шапенская**  
(Кафедра «Системы информационной безопасности»  
ФГБОУ ВО «БГТУ», г. Брянск, Россия,  
e-mail: rmy@tu-bryansk.ru, alinashapenskaya@yandex.ru)

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА В АГРАРНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЕ**

*Аннотация.* Рассмотрены возможности применения беспилотных летательных аппаратов в аграрно-промышленной сфере, приведены перспективы развития данной области и последние технические достижения в данной сфере.

*Ключевые слова:* беспилотные летательные аппараты, аграрная промышленность.

**M. Yu. Rytov, A. M. Shapenskaya**  
(Department of Information Security Systems  
BSTU, Bryansk, Russia)

## **POSSIBILITY OF USING UAVs IN THE AGRO-INDUSTRIAL SECTOR**

*Abstract.* This article examines the possibilities of using unmanned aerial vehicles in the agro-industrial sector, provides development prospects for this area and the latest technical achievements in this area.

*Keywords:* unmanned aerial vehicles, agricultural industry.

В современном обществе все большее распространение приобретают беспилотные летательные аппараты. Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – это устройство, которое выполняет полет без пилота на борту. Начиная с 2006 года БПЛА стали активно использовать в гражданских целях. Детские игрушки, высокоскоростная доставка мелких грузов, измерительные и кадастровые работы – все это стало новыми вариациями применения устройств такого типа [1].

Рассмотрим подробнее применение БПЛА в аграрно-промышленной сфере. Рынок «аграрных» беспилотников берет свое начало в конце 2017 года, когда Японский стартап Skyrobot решил помочь местным фермерам защитить сельскохозяйственные угодья от набегов диких животных с помощью данного оборудования [2].

БПЛА можно использовать не только для мониторинга и контроля текущей ситуации, но и для высадки семян, отпугивания птиц

и животных, внесения удобрений, опыления растений и т.д. Основными преимуществами использования беспилотных летательных аппаратов в аграрной сфере являются оптимизация использования ресурсов, повышение урожайности и снижение трудозатрат, понижение количества использования пестицидов и удобрений, бережное отношение к водными ресурсами и сокращение выбросов парниковых газов.

К недостаткам применения подобных технологий в аграрной сфере можно отнести: высокую стоимость закупки оборудования, ограничения по высоте подъема и на длительность запуска беспилотных летательных аппаратов (в период проведения СВО), риск нанесения вреда сотрудникам предприятия и сельхозкультурам в случае неисправности аппарата, а также отсутствие юридически закрепленных правил использования данного оборудования.

Выделим основные перспективы развития применения БПЛА в аграрной сфере:

- улучшение технологий и функционала. Повышение автономности у БПЛА для выполнения более сложных задач, таких как точное опрыскивание, посев, сбор урожая на огромных территориях без вмешательства человека и увеличение грузоподъемности моделей, что позволит использовать их для более широкого спектра задач;

- расширение сферы применения. БПЛА будут использоваться для мониторинга состояния животных, выявления заболеваний и контроля за стадом, а также для мониторинга за состоянием водных ресурсов, лесов, пастбищ и других экосистем;

- создание новых рабочих мест и способствование росту кадрового потенциала. По мере роста популярности беспилотников в аграрной сфере будет расти спрос на специалистов, обладающих навыками в области управления БПЛА, обработки данных, сельского хозяйства и агрономии. Появятся новые образовательные программы, направленные на подготовку специалистов в этой области. За счет увеличения спроса будут созданы новые компании, предлагающие услуги по использованию беспилотников в данной сфере, включая мониторинг, обработку полей, сбор урожая и другие услуги.

Сфера применения БПЛА стремительно развивается в области аграрного и сельского хозяйства, и отечественные производители уже имеют результаты. Одним из последних достижений стало то, что в июле 2024 года в Северо-Кавказском федеральном университете создали устройство, состоящее из двух беспилотников, которое анализирует подповерхностные горизонты почвы, что позволит быстро определять влажность и электропроводность почвы в районе корневой

системы растений [4]. А в июне этого года Пермский политехнический университет представил ПАК БПЛА для повышения урожайности посевов. Они упрощают работу фермеров, собирают данные для прогнозирования урожая и выявления проблем, создают карты полей и вносят удобрения в почву [5]. Все эти достижения в очередной раз не только доказывают востребованность данных технологий, но и стремление к реализации перспектив развития.

Таким образом, применение БПЛА в аграрной сфере является востребованным и перспективным направлением, которое обеспечивает повышение уровня урожайности и экономического потенциала страны в целом.

#### ***Список использованных источников***

1. Сапрыкин, И. А. Перспективные направления применения цифровых технологий в агропромышленном комплексе / И. А. Сапрыкин, Ю. Д. Гусева // Цифровизация агропромышленного комплекса : сб. науч. ст. III Междунар. науч.-практ. конф., Тамбов, 25 – 27 октября 2022 года. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – Т. 1. – С. 487 – 490.
2. Skyrobot: Дрон с ИИ и ИК-датчиком [Электронный ресурс]. – URL : [https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Skyrobot:\\_Дрон\\_с\\_ИИ\\_и\\_ИК-датчиком](https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Skyrobot:_Дрон_с_ИИ_и_ИК-датчиком) (дата обращения: 19.08.2024).
3. Вильданова, А. А. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / А. А. Вильданова // Наука и современное образование: актуальные вопросы, достижения и инновации : сб. ст. VII Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 23 марта 2023 года. – Пенза : Наука и Просвещение, 2023. – С. 22 – 24.
4. Ученые СКФУ создали устройство для точной оценки состояния земель [Электронный ресурс]. – URL : <https://rosng.ru/post/uchenyue-skfu-sozdali-ustroystvo-dlya-tochnoy-otsenki-sostoyaniya-zemel> (дата обращения: 01.09.2024).
5. В России разработали дроны, способные до 20% повышать урожайность [Электронный ресурс]. – URL : <https://digital.gov.ru/ru/events/51486/> (дата обращения: 01.09.2024).
6. Великанова, Л. О. Специфика развития новых направлений цифровых технологий на предприятиях российского агропромышленного комплекса / Л. О. Великанова, А. Н. Филиппов // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2021. – № 3(49). – С. 58 – 60.
7. Бабкин, И. А. Использование дронов в агропромышленном комплексе / И. А. Бабкин // Студенческая наука об актуальных проблемах и перспективах инновационного развития регионального АПК : материалы XXIII науч.-практ. конф. обучающихся, посвященной 25-летию Тарского филиала ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Тара, 28 марта 2024 года. – Омск : ОГАУ им. П. А. Столыпина, 2024. – С. 30 – 34.

### *References*

1. Saprykin, I. A. Promising areas of application of digital technologies in the agro-industrial complex / I. A. Saprykin, Yu. D. Guseva // Digitalization of the agro-industrial complex : Collection of scientific articles of the III International Scientific and Practical Conference, Tambov, October 25 – 27, 2022. – Tambov : Publishing center of the TSTU, 2022. – V. 1. – P. 487 – 490.
2. Skyrobot: Drone with AI and IR sensor [Electronic resource]. – URL : [https://www.tadviser.ru/index.php/Product:Skyrobot:\\_Drone\\_with\\_AI\\_and\\_IR-sensor](https://www.tadviser.ru/index.php/Product:Skyrobot:_Drone_with_AI_and_IR-sensor) (date on: 08/19/2024).
3. Vil'danova, A. A. Use of unmanned aerial vehicles in agriculture / A. A. Vil'danova // Science and modern education: current issues, achievements and innovations : collection of articles of the VII International scientific and practical conference, Penza, March 23, 2023. – Penza : Science and Education, 2023. – P. 22 – 24.
4. Scientists from SKFU have created a device for accurately assessing the condition of lands [Electronic resource]. – URL : <https://rosng.ru/post/uchenyye-skfu-sozdali-ustroystvo-dlya-tochnoy-otsenki-sostoyaniya-zemel> (date: 09/01/2024).
5. Russia has developed drones capable of increasing crop yields by up to 20% [Electronic resource]. – URL : <https://digital.gov.ru/ru/events/51486/> (date: 09/01/2024).
6. Velikanova, L. O. Specifics of the development of new areas of digital technologies at enterprises of the Russian agro-industrial complex / L. O. Velikanova, A. N. Filippov // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. – 2021. – No. 3(49). – P. 58 – 60.
7. Babkin, I. A. Use of drones in the agro-industrial complex / I. A. Babkin // Student science on current problems and prospects for innovative development of the regional agro-industrial complex : Proceedings of the XXIII scientific and practical conference of students dedicated to the 25th anniversary of the Tara branch of the OSTAU, Tara, March 28, 2024. – Omsk : OSTAU named after P. A. Stolypin, 2024. – P. 30 – 34.

**А. А. Л. Алмали<sup>1</sup>, Р. О. Китаев<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>г. Багдад, Ирак;

<sup>2</sup>Кафедра «Информационные системы и защита информации»,

ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,

e-mail: ipu@mail.ahp.tstu.ru)

## **К ВОПРОСУ ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

*Аннотация.* Представлена актуальность использования информационных систем в сельском хозяйстве. Рассмотрен функционал таких систем. Сделан вывод об актуальности применения класса именно распределенных информационных систем.

*Ключевые слова:* сельское хозяйство, информационная система, функционал.

**A. A. L. Almali<sup>1</sup>, R. O. Kitaev<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Baghdad, Iraq;

<sup>2</sup>Department of Information Systems and Information Security,

TSTU, Tambov, Russia)

## **ON THE ISSUE OF THE RELEVANCE OF USING DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS IN AGRICULTURE**

*Abstract.* The relevance of using information systems in agriculture is discussed. The functionality of such systems is considered. The conclusion is made about the relevance of using the class of distributed information systems.

*Keywords:* agriculture, information system, functionality.

Распределенные системы в сельском хозяйстве представляют собой сети для автоматизации процессов, таких как ирригация, сбор урожая и мониторинг почвы, используя датчики и информационные технологии. Управление рисками в этой области осложняется высокой неопределенностью, связанной с климатическими изменениями, вредителями и техническими сбоями. Для повышения эффективности и надежности этих систем необходимо [1]: систематизировать теоретические основы стратегического управления; разработать последовательность реализации стратегии диверсификации производства; определить ключевые факторы устойчивого экономического роста и их влияние на принятие управленческих решений; предложить меры для успешной реализации стратегии диверсификации в сельском хозяйстве.

Предприимчивость в аграрном секторе подвержено значительным рискам, а управление ими усложняется высокой степенью неопределенности [1, 2], что требует постоянного мониторинга и анализа

внешних и внутренних факторов. Одним из решений данной сложной задачи является применение специально разработанных распределенных информационных систем, которые включают в себя соответствующие подсистемы анализа данных и выработки оптимальных решений для лиц, принимающих решения.

Так, к функционалу таких систем относятся:

– задачи мониторинга текущего состояния сельскохозяйственных полей, а также прогнозирования их будущего состояния, осуществляемые за счет управления беспилотными летательными аппаратами и обработки полученных с них данных методами искусственного интеллекта [3, 4];

– задачи оптимизации использования сельскохозяйственных ресурсов для максимизации прибыли [5 – 7];

– задачи определения текущего состояния выращиваемой сельскохозяйственной продукции и выработки мероприятий в случае обнаружения их заболеваний [8 – 10];

– задачи выработки оптимального управления техническими ресурсами сельскохозяйственного предприятия [11].

Для получения оптимального результата требуется применение всего множества представленного функционала, каждый элемент которой представлен одной или несколькими информационными подсистемами, которые часто значительно разнесены географически друг от друга. Вследствие чего и следует говорить про использование распределенных информационных систем, объединяющих весь представленный функционал в сельскохозяйственном предприятии.

#### ***Список использованных источников***

1. Попова, Л. В. Статистические методы анализа рисков в сельском хозяйстве / Л. В. Попова, Д. А. Коробейников, О. М. Коробейникова. – 2016. – С. 2 – 4.

2. Макарова, Ю. Н. Экономическая безопасность предприятий агробизнеса в системе региональной экономики / Ю. Н. Макарова, М. В. Шаванов, А. А. Зайцев. – 2021. – № 6 – С. 56 – 63.

3. Нагорнюк, К. Геоинформационные системы в сельском хозяйстве / К. Нагорнюк. – URL : <https://blogs.esri-cis.com/2018/08/09/gis-for-agriculture/>

4. Application of the ARIMA Models in Drought Forecasting Using the Standardized Precipitation Index / P. Han, P. Wang, M. Tian, et al. // IFIP Advances in Information and Communication Technology. – 2013. – P. 352 – 358.

5. Design and Simulation Analysis of Transplanter's Planting Mechanism / F. Liu, J. Hu, Y. Huang, et al. // IFIP Advances in Information and Communication Technology. – 2011. – P. 456 – 463.

6. A Two-Phase Metaheuristic for Farm Workscheduling / S. Guan, M. Nakamura, T. Shikanai, T. Okazaki // IFIP Advances in Information and Communication Technology. – 2009. – P. 1999 – 2009.

7. Ye, B. Simulating Land Use/Cover Changes of Nenjiang County Based on CA-Markov Model / B. Ye, Z. Bai // The International Federation for Information Processing. – 2008. – P. 321 – 329.

8. López, I. D. A Smart Farming Approach in Automatic Detection of Favorable Conditions for Planting and Crop Production in the Upper Basin of Cauca River / I. D. López, J. C. Corrales // *Advances in Information and Communication Technologies for Adapting Agriculture to Climate Change*. – 2017. – P. 223 – 233.

9. Assessing Rice Chlorophyll Content with Vegetation Indices from Hyperspectral Data / X. Xu, X. Gu, X. Song, et al. // *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. – 2011. – P. 296 – 303.

10. Huang, W. Identifying Apple Surface Defects Based on Gabor Features and SVM Using Machine Vision / W. Huang, C. Zhang, B. Zhang // *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 2012. – 343 – 350.

11. Zhiguo, S. An Architecture for the Agricultural Machinery Intelligent Scheduling in Cross-Regional Work Based on Cloud Computing and Internet of Things / S. Zhiguo, X. Hui, W. Wensheng // *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 2011. – P. 9 – 15.

### **References**

1. Popova, L. V. Statistical Methods for Risk Analysis in Agriculture / L. V. Popova, D. A. Korobeinikov, O. M. Korobeinikova. – 2016 – P. 2 – 4.

2. Makarova, Yu. N. Economic Security of Agribusiness Enterprises in the Regional Economic System / Yu. N. Makarova, Shavanov M. V., Zaitsev A. A. – 2021. – No. 6 – P. 56 – 63.

3. Nagornyuk, K. Geographic Information Systems in Agriculture / K. Nagornyuk. – UTL : <https://blogs.esri-cis.com/2018/08/09/gis-for-agriculture/>

4. Application of the ARIMA Models in Drought Forecasting Using the Standardized Precipitation Index / P. Han, P. Wang, M. Tian, et al. // *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. – 2013. – P. 352 – 358.

5. Design and Simulation Analysis of Transplanter's Planting Mechanism / F. Liu, J. Hu, Y. Huang, et al. // *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. – 2011. – P. 456 – 463.

6. A Two-Phase Metaheuristic for Farm Workscheduling / S. Guan, M. Nakamura, T. Shikanai, T. Okazaki // *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. – 2009. – P. 1999 – 2009.

7. Ye, B. Simulating Land Use/Cover Changes of Nenjiang County Based on CA-Markov Model / B. Ye, Z. Bai // *The International Federation for Information Processing*. – 2008. – P. 321 – 329.

8. López, I. D. A Smart Farming Approach in Automatic Detection of Favorable Conditions for Planting and Crop Production in the Upper Basin of Cauca River / I. D. López, J. C. Corrales // *Advances in Information and Communication Technologies for Adapting Agriculture to Climate Change*. – 2017. – P. 223 – 233.

9. Assessing Rice Chlorophyll Content with Vegetation Indices from Hyperspectral Data / X. Xu, X. Gu, X. Song, et al. // *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. – 2011. – P. 296 – 303.

10. Huang, W. Identifying Apple Surface Defects Based on Gabor Features and SVM Using Machine Vision / W. Huang, C. Zhang, B. Zhang // *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 2012. – 343 – 350.

11. Zhiguo, S. An Architecture for the Agricultural Machinery Intelligent Scheduling in Cross-Regional Work Based on Cloud Computing and Internet of Things / S. Zhiguo, X. Hui, W. Wensheng // *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 2011. – P. 9 – 15.



**Ю. А. Захаров, А. Г. Дивин, Д. А. Любимова**  
(Кафедра «Мехатроника и технологические измерения»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: miti@tstu.ru)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к определению характеристик скрытых дефектов типа «расслоение» и «непроклей» для изделий из полимерных композитов. Приведены используемые алгоритмы, технические средства, а также результаты испытаний на контрольных образцах.

*Ключевые слова:* система контроля, композиционные материалы, тепловой контроль, машинное обучение.

**Yu. A. Zakharov, A. G. Divin, D. A. Lyubimova**  
(Department of “Mechatronics and Technological Measurements”,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **APPLICATION OF MACHINE LEARNING TECHNOLOGIES IN QUALITY CONTROL OF COMPOSITE MATERIALS PRODUCTS**

*Abstract.* An approach to determining the characteristics of hidden defects such as “delamination” and “non-adhesive” for products made of polymer composites is considered. The algorithms used, technical means, as well as test results on control samples are presented.

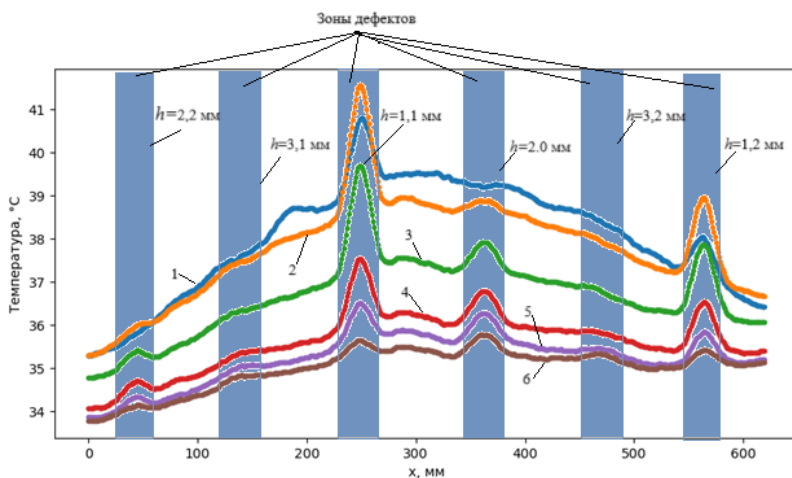
*Keywords:* control system, composite materials, thermal control, machine learning.

В настоящее время композитные материалы, особенно полимеры, армированные углеродным волокном (CFRP), в том числе с сотовым наполнителем, играют значимую роль в сельскохозяйственном машиностроении [1], а также в других отраслях экономики. Такие материалы обладают ценными свойствами при изготовлении изделий сложной формы. Благодаря своей структуре композитные материалы лучше распределяют энергию удара, что делает их более прочными [1]. Однако из-за сложной технологии их производства велика вероятность производственных дефектов.

Для поиска и идентификации параметров дефектов предложена роботизированная установка, реализующая метод точечной сканирующей

щей термографии [2]. Этот метод заключается в нагреве детали сфокусированным лучом лазера и получении серии термограмм с помощью тепловизионной камеры. В качестве источника теплового воздействия используется лазер мощностью 0,5...3,0 Вт, перемещаемый роботоманипулятором по заданной траектории. Использование точечного источника тепла и робота-манипулятора позволяет контролировать изделия разных габаритов и форм методом сканирования их поверхности.

Регистрация термограмм позволяет получить информацию о температурном поле на поверхности изделия как функцию координаты  $x$  вдоль линии сканирования, а также значения интервала времени  $\Delta t$  после начала теплового воздействия лазером. На рисунке 1 показаны термограммы для контрольного образца из CFRP, содержащего искусственно заложенные дефекты типа «расслоение», имеющих ширину раскрытия до 0,1 мм, залегающих на глубине  $h$  от 1 до 3 мм.



**Рис. 1. Термограммы вдоль линии сканирования в различное время  $\Delta t$  после начала теплового воздействия:**

1 –  $\Delta t = 3$  с; 2 – 8 с; 3 – 13 с;  
4 – 18 с; 5 – 23 с; 6 – 28 с

Анализ термограмм позволяет выявить закономерности изменения температуры в зависимости от глубины залегания дефекта и предложить модель линейной регрессии в качестве независимых переменных, в которой используются максимальный температурный контраст  $T_{\max}$  и время его достижения  $\tau_{\max}$ :

$$\hat{h} = -0,267T_{\max} + 0,052\tau_{\max} + 1,6,$$

где  $\hat{h}$  – прогнозируемое значение глубины залегания дефекта. В этом случае показатели качества регрессионной модели оказались следующими: коэффициент детерминации  $R^2 = 0,91$ , а среднеквадратичное отклонение  $MSE = 0,06 \text{ мм}^2$ .

Таким образом, можно сказать, что экспериментальные исследования подтвердили результативность теплового контроля, основанного на использовании точечного лазерного воздействия. Данный метод позволяет достоверно определять дефекты типа «расслоение», залегающие на глубине до 3 мм, а анализ данных и регрессионные модели могут быть использованы для определения глубины залегания дефекта. Для повышения эффективности контроля рекомендуется использовать несколько лазеров в ряд на расстоянии не более 5...10 мм друг от друга или использовать развертку лазерного луча в линию.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-19-00602 (<https://rscf.ru/project/20-19-00602/>).*

#### **Список использованных источников**

1. The Use of CFRP for Structural Reinforcement – Literature Review / A. M. Pawlak, T. Górny, Ł. Dopierała, P. Paczos // *Metals*. – 2022. – V. 12, No. 9.
2. Application of Laser Scanning Thermography and Regression Analysis to Determine Characteristics of Defects in Polymer Composite Materials / A. G. Divin, et al. // *Russ. J. Nondestruct. Test*. – 2024. – V. 60, No. 1.

**Абу Зегунх Хутефа Ибрахим Мухаммад**  
(Кафедра «Мехатроника и технологические измерения»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия; Иордания,  
e-mail: hodefax2020x@yandex.ru)

## **СИСТЕМА СБОРА ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ПОЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к построению системы сканирования полей с использованием гиперспектральной камеры. Приведены используемые технические средства, приведены результаты применения системы.

*Ключевые слова:* система сканирования, гиперспектральная съемка.

**Huthefa Abu Zetoonh**

(Department of Mechatronics and Technological Measurements,  
TSTU, Tambov, Russia; Jordan)

## **SYSTEM FOR COLLECTING HYPERSPECTRAL DATA FROM AGRICULTURAL CROP FIELDS**

*Abstract.* The approach to the construction of a field scanning system using a hyperspectral camera is considered. The technical means used are given, and the results of the system application are presented.

*Keywords:* scanning system, hyperspectral imaging.

В настоящее время актуальной проблемой является оперативный контроль качества сельскохозяйственных культур. На процесс роста и созревания растений оказывают влияние многие факторы: качество и влажность почвы, своевременное внесение удобрений, обработка гербицидами и т.д. Как правило, оперативный контроль осуществляется агрономами при объезде полей. Однако такой способ имеет существенные недостатки, так как осуществить сплошной контроль невозможно, ввиду большой площади полей, а также сложности доступа к растениям, расположенным в глубине поля [1]. Одним из способов решения данной проблемы является применение беспилотных авиационных систем (БАС) с системой технического зрения гипер- или мультиспектрального типа. Как правило, гиперспектральные системы имеют избыточное количество регистрируемых длин волн, поэтому имеет смысл определить значимые длины волн и осуществить переход к более дешевой мультиспектральной системе. Такие системы способны выявлять проблемные участки на ранних стадиях и могут применяться как вспомогательные системы для агрономов [2]. Однако для эффективной работы таких систем требуется первоначально собрать, а затем проанализировать большой объем данных, представляющих собой гиперспектральные

снимки растений в различных фазах роста и состояниях. Для получения таких данных в данной работе описана система сканирования, структурная схема которой представлена на рис. 1.

Описанная система была успешно применена в 2024 году для получения гиперспектральных данных с поля подсолнечника в Тамбовской области (координаты объекта: 52.721598, 41.682088). Примеры полученных снимков показаны на рис. 2.



Рис. 1. Структурная схема системы сканирования

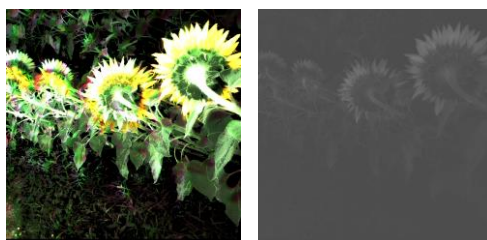


Рис. 2. Пример снимка, полученного с помощью системы сканирования (RGB и на длине волны 750 нм)

К полученным снимкам в дальнейшем будут применяться методы анализа данных (например, дискриминантный анализ и метод главных компонент) для выявления значимых длин волн, которые будут использоваться в системе мультиспектрального сканирования на БАС.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Разработка роботизированного комплекса наземной и воздушной беспилотных платформ для применения в агротехнологиях» (ЕГИСУ НИОКТР: 124062100023-3).*

#### Список использованных источников

1. Close range hyperspectral imaging of plants / P. Mishra, M. S. M. Asaari, A. Herrero-Langreo, Lohumi et al. // Biosystems Engineering. – 2017. – No. 164. – P. 49 – 67.
2. Lowe, A. Hyperspectral image analysis techniques for the detection and classification of the early onset of plant disease and stress / A. Lowe, N. Harrison, A. P. French // Plant Methods. – 2017. – No. 13. – P. 80 – 91.

**А. А. М. Альсаиди<sup>1</sup>, В. Г. Мокрозуб<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>г. Багдад, Ирак;

Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении»,

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,

e-mail: abbas.atwan@gmail.com)

## **СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА**

*Аннотация.* Рассмотрена структура информационной модели кожухотрубчатого теплообменника, позволяющей получать конструкторскую документацию с минимальным участием человека.

*Ключевые слова:* кожухотрубчатый теплообменник, автоматизированное проектирование, информационная модель.

**A. A. M. Alsaidi, V. G. Mokrozub**

(Baghdad, Iraq;

Department of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering,

TSTU, Tambov, Russia)

## **THE STRUCTURE OF THE INFORMATION MODEL OF THE SHELL-AND-TUBE HEAT**

*Abstract.* The structure of the information model of a shell-and-tube heat exchanger is considered, which allows obtaining design documentation with minimal human participation.

*Keywords:* shell-and-tube heat exchanger, computer-aided design, information model.

Теплообменные аппараты, включая кожухотрубчатые теплообменники, широко используются в технологиях переработки сельскохозяйственной продукции. Применение современных систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяет быстро получать всю необходимую для изготовления документацию. В основе САПР, позволяющих получать документацию с минимальным участием человека, лежит информационная модель.

Структура информационной модели теплообменника представлена на рис. 1.

Примеры элементов кожухотрубчатого теплообменника: e0 – теплообменник; e1 – кожух; e2 – днище; e3 – трубная решетка; e4 – труба; e5 – перегородка; e6 – компенсатор; e7 – устройства ввода/вывода; e8 – фланцы; e9 – отбойник; e10 – опоры; e11 – устройства для стро-

повки; e12 – прокладка фланцевого соединения; e13 – стяжка; e14 – болт; e15 – гайка.

Основные параметры теплообменника: e0.p0 – поверхность теплообмена; e0.p1 – габаритная длина теплообменника; e0.p2 – длина труб; e0.p3 – внутренний диаметр кожуха; e0.p4 – наружный диаметр кожуха; e0.p5 – число ходов; e0.p6 – диаметр труб; e0.p7 – расстояние между центрами штуцеров входа/выхода в межтрубное пространство; e0.p8 – условный диаметр штуцеров входа/выхода в трубное пространство; e0.p9 – условный диаметр штуцеров входа/выхода в межтрубное пространство; e0.p10 – расстояние от оси аппарата до конца штуцера межтрубного пространства; e0.p11 – расстояние от оси нижнего штуцера межтрубного пространства до конца штуцера трубного пространства; e0.p12 – расстояние между перегородками; e0.p13 – число перегородок; e0.p14 – расстояние от оси верхнего штуцера межтрубного пространства до опорной плиты опорной лапы.

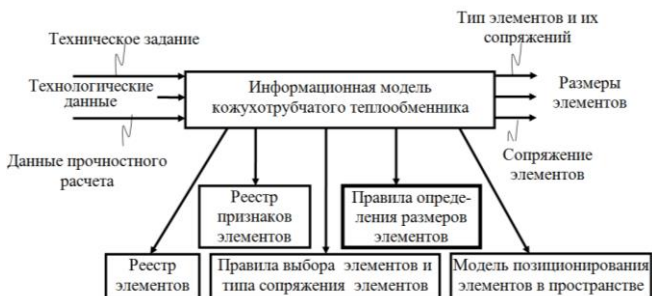


Рис. 1. Структура информационной модели теплообменника

Диаметр кожуха (e0.p3), длина труб (e0.p2) и число ходов по трубам (e0.p5) определяются по заданной поверхности теплообмена (e0.p0) с помощью правил. Примеры представлены ниже.

Правило 1. Если Поверхность\_теплообмена=22.5 То Длина\_труб=2000 И Диаметр\_кожуха=400 И Число\_ходов=1 И Диаметр\_труб=20 .

Правило 2. Если Поверхность\_теплообмена=33.7 То Длина\_труб=3000 И Диаметр\_кожуха=400 И Число\_ходов=1 И Диаметр\_труб=20.

Правило 3. Если Поверхность\_теплообмена=45 То Длина\_труб=4000 И Диаметр\_кожуха=400 И Число\_ходов=1 И Диаметр\_труб=20.

Остальные основные параметры определяются по диаметру кожуха, длине труб и числу ходов по трубам. Пример правила представлен ниже.

Если Диаметр\_кожуха=400 И Число\_ходов=1 И Длина\_труб=2000  
ТО Габаритная\_длина=2790 И «Расстояние между центрами штуцеров входа выхода в межтрубное пространство»=1550 И «Условный диаметр штуцеров входа выхода в трубное пространство»=150 И «Условный диаметр штуцеров входа выхода в межтрубное трубное пространство»=150 И «Расстояние от оси аппарата до конца штуцера межтрубного пространства»=363 И «Расстояние от оси нижнего штуцера межтрубного пространства до конца штуцера трубного пространства»=620 И «Расстояние от оси верхнего штуцера межтрубного пространства до опорной плиты опорной лапы»=500 И «Расстояние между перегородками»=250 И «Число перегородок»=6.

Представленная модель используется в разрабатываемой с участием авторов интеллектуальной САПР технологического оборудования [1 – 3].

#### ***Список использованных источников***

1. Мокрозуб, В. Г. Информационно-логические модели технических объектов и их представление в информационных системах / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, С. Я. Егоров // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 3. – С. 68 – 73.
2. Мокрозуб, В. Г. Системный анализ процессов принятия решений при разработке технологического оборудования / В. Г. Мокрозуб, Е. Н. Малыгин, С. В. Карлушкин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23, № 3. – С. 364 – 373.
3. Цифровое машиностроение / М. Н. Краснянский, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 266 с.

#### ***References***

1. Mokrozub, V. G. Information-logical models of technical objects and their representation in information systems / V. G. Mokrozub, V.A. Nemtinov, S. Ya. Egorov // Information technologies in design and production. – 2010. – No. 3. – P. 68 – 73.
2. Mokrozub, V. G. Information-logical models of technical objects and their representation in information systems / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, S. Ya. Egorov // Information technologies in design and production. – 2010. – No. 3. – P. 68 – 73.
3. Digital mechanical Engineering / M. N. Krasnyansky, V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov et al. – Tambov : Publishing Center of the Tambov State Technical University, 2023. – 266 p.



**А. И. Арсланов**

(Кафедра «Информационная безопасность»,  
НИУ «МИЭТ», Москва, г. Зеленоград, Россия,  
e-mail: aidar.ib.miet@gmail.com)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ ОДНОКРАТНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ «KeyCloak» В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ КОМПАНИЙ**

*Аннотация.* Рассмотрено типовое применение технологии Single Sign-On в IT-инфраструктуре компании на примере «KeyCloak». Проверены сценарии прохождения пользователями аутентификации и авторизации в приложение с применением 2FA «Яндекс Ключ».

*Ключевые слова:* Single Sign-On, OIDC, OAuth, аутентификация, авторизация.

**A. I. Arslanov**

(Department of Information Security,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Zelenograd, Russia)

## **USE OF “KeyCloak” ONE-TIME AUTHENTICATION SUBSYSTEM IN CORPORATE INFORMATION SYSTEMS OF COMPANIES**

*Abstract.* The typical application of Single Sign-On technology in the company's IT infrastructure is considered using the example of “KeyCloak”. The scenarios of users passing authentication and authorization into the application using 2FA “Yandex Key” have been tested.

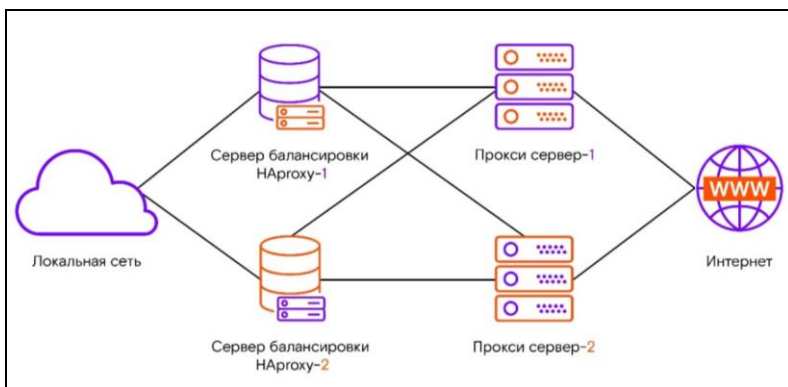
*Keywords:* Single Sign-On, OIDC, OAuth, authentication, authorization.

Механизм единого входа (Single Sign-On) позволяет пользователям один раз войти в приложение и получить доступ ко всем связанным системам без необходимости отдельного входа в них. В организациях сотрудники ежедневно работают с несколькими приложениями. Механизм однократной аутентификации избавляет от необходимости входить в них по отдельности. Более того, пользователям не нужно хранить или запоминать несколько учетных данных. Таким образом, системным администраторам приходится меньше работать с настройкой доступа к системам.

На данный момент к интеграции в организациях, располагающихся на территории Российской Федерации, например, доступны следующие SSO решения: «Avanpost FAM», «KeyCloak», «Identity Blitz», «Indeed», «WSO2». Из пяти представленных решений «KeyCloak»

и «WSO2» являются open-source решениями, что позволяет значительно экономить денежные средства на внедрение. Также одно из главных преимуществ решений с открытым исходным кодом – возможность гибко настраивать их с помощью написания кода дополнительного программного функционала к уже существующему.

Рассмотрим следующую схему для взаимодействия пользователя из сети Интернет с внутренними ресурсами компании, пользователю необходимо попасть в локальную сеть, как показано на рис. 1.



**Рис. 1.** Схема взаимодействия с сервисами локальной сети из сети Интернет

Было выбрано open-source решение «KeyCloak» из-за его всемирной распространенности использования, а также гибкого конфигурирования и достаточно подробно описанной документации на сайте производителя. «KeyCloak» основан на стандартных протоколах и обеспечивает поддержку OpenID Connect, OAuth 2.0 и SAML.

В нашей тестовой конфигурации сети будут расположены следующие приложения, поддерживающие SSO по протоколу OIDC: «Grafana» и «YouTrack». А также подключено приложение «Yandex Cloud» по протоколу SAML. Ролевая модель SSO настроена следующим образом, где Пользователь 1 из LDAP каталога «FreeIPA» имеет права администратора в приложении «YouTrack». Пользователь 2 из LDAP каталога «FreeIPA» имеет обычные права в web-приложениях. Пользователь 3 из LDAP каталога «Active Directory» имеет обычные права в web-приложениях. Пользователю 4 из LDAP каталога «Active Directory» закрыт доступ во все приложения. Использование SSO позволяет реализовать многофакторную аутентификацию (MFA), что добавляет дополнительный уровень безопасности, который недоступен

только при использовании LDAP. Упрощенная схема взаимодействия в сети и результат выполнения политики управления доступом на основе ролей, установленная в нашей системе с помощью SSO, приведены на рис. 2 – 4 соответственно.

Как можно заметить, на рис. 4 нет Пользователя 4, так как доступ в «YouTrack» ему был ограничен и, соответственно, в этой системе он не числится ни с какими правами и группами.

В целом SSO «KeyCloak» достаточно надежное и гибкое решение, его применяют как небольшие компании, так и организации с численностью активных пользователей, превышающее 60 миллионов учетных записей, что говорит о его возможности масштабируемости и вполне хорошей конкурентоспособности на рынке SSO. В ходе данной статьи мы успешно проверили сценарии прохождения пользователями аутентификации и авторизации в «YouTrack» в соответствии с политикой управления доступом на основе ролей, убедились в корректности отработки 2FA для входа в ЛК пользователя.

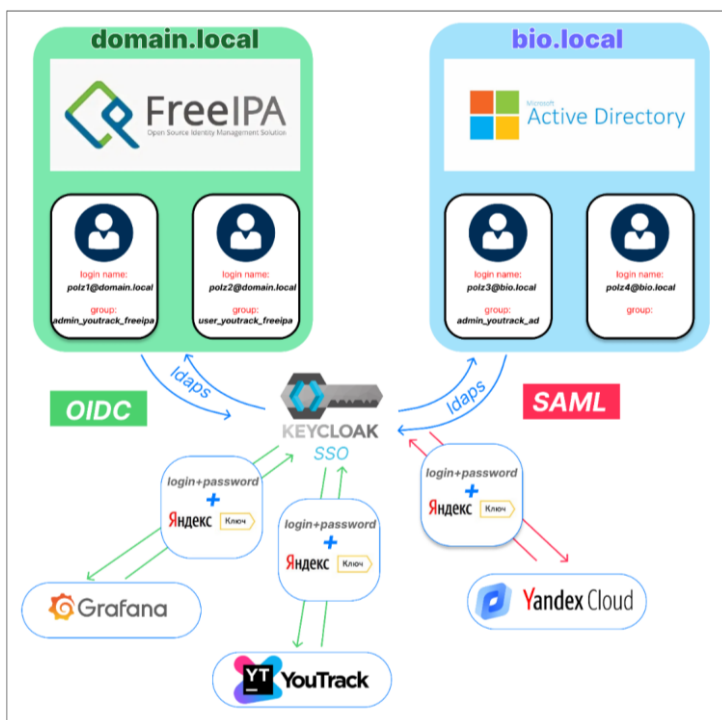
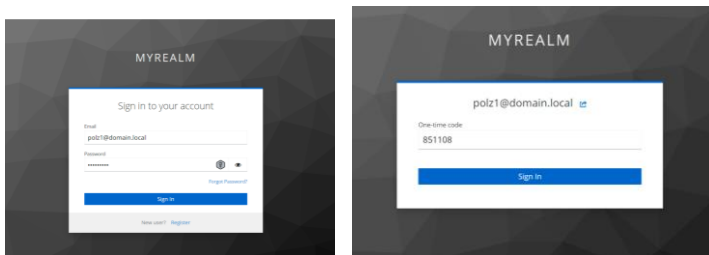
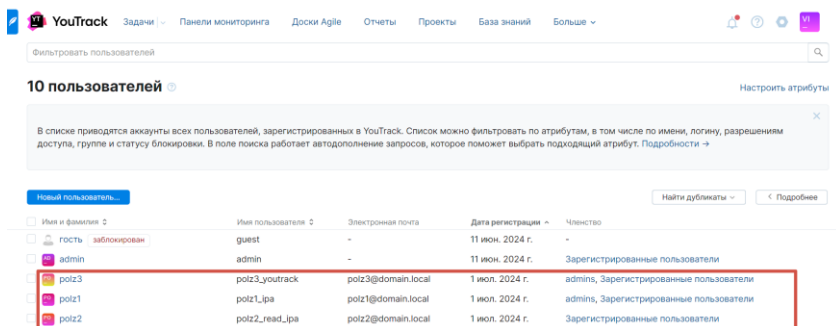


Рис. 2. Структурная схема ИТ-инфраструктуры локальной сети организации



**Рис. 3. Вход Пользователя 1 в ЛК «KeyCloak» с OTP кодом из приложения «Яндекс Ключ»**



**Рис. 4. Работа политики управления доступом на основе ролей для «YouTrack»**

### *Список использованных источников*

1. Все о Keycloak: зачем нужен, кому подходит и какие преимущества дает [Электронный ресурс]. – URL : <https://habr.com/ru/companies/slurm/articles/654475/> (дата обращения: 18.09.2024).
2. Заблокируйте свои сервисы Kubernetes с помощью прокси OAuth2 [Электронный ресурс]. – URL : <https://dev.to/styren/lock-down-your-kubernetes-services-with-oauth2-proxy-28d9> (дата обращения: 18.09.2024).

### *References*

1. All about Keycloak: why it is needed, who it suits and what advantages it gives [Electronic resource]. – URL : <https://habr.com/ru/companies/slurm/articles/654475/> (date of access: 09/18/2024).
2. Block your Kubernetes services using the OAuth2 proxy [Electronic resource]. – URL : <https://dev.to/styren/lock-down-your-kubernetes-services-with-oauth2-proxy-28d9> (date of application: 09/18/2024).

**А. С. Табачинский<sup>1</sup>, А. А. Галузин<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Самарский федеральный исследовательский центр РАН,  
г. Самара, Россия,  
e-mail: tabachinski.as@samgtu.ru;

<sup>2</sup>Самарский национальный исследовательский университет имени  
академика С. П. Королева, г. Самара, Россия,  
e-mail: alekseygaluzin@mail.ru)

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ КУЛЬТУРЫ ДЛЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА РАСТЕНИЙ**

*Аннотация.* В работе предложена концепция метода расчета параметров сельскохозяйственной культуры для цифрового двойника растений в зависимости от погодных условий и ресурсных ограничений. Метод позволит использовать правила принятия решений из базы знаний для адаптивного пересчета фаз роста и развития растений. Приводится пример работы первой реализации предлагаемого метода для с/х культуры «Озимая пшеница».

*Ключевые слова:* сельское хозяйство, растениеводство, цифровой двойник, виртуальная модель, моделирование.

**A. S. Tabachinskiy<sup>1</sup>, A. A. Galuzin<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Samara Federal Research Center of RAS, Samara, Russia;  
<sup>2</sup>Samara National Research University  
named after Academician S. P. Koroleva, Samara, Russia)

## **DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CROP PARAMETERS CALCULATION IN DIGITAL TWIN OF PLANT SYSTEM**

*Abstract.* The paper proposes a concept of a method for calculating the parameters of an agricultural crop in a digital twin of plants, depending on weather conditions and resource constraints. The method will allow using decision-making rules from the knowledge base for adaptive recalculation of phases of plant growth and development. An example of the work of the first implementation of the proposed method for agricultural crop “Winter wheat” is given.

*Keywords:* agriculture; crop production; digital twin; computer model; simulation.

Цифровой двойник растения (ЦДР) – это виртуальное представление реальной культуры, позволяющее прогнозировать и моделировать ее состояние и поведение в компьютерной среде. Создание ЦДР подразумевает решение сложной многофакторной проблемы, которая должна учитывать изменяющиеся внешние условия и внутреннее

состояние растения, которое характеризуется нелинейной динамикой роста. Широкая таксонометрия применяемых сельскохозяйственных культур приводит к значительным физиологическим и морфологическим отличиям между различными культурами, сортами и гибридами. Поэтому важно разработать универсальный метод расчета параметров растения, который не зависит как от количества стадий роста растения, так и от количества и типов влияющих факторов и параметров, характеризующих каждую из стадий развития и растение в целом.

В настоящее время цифровые двойники находят очень широкое применение в сельском хозяйстве и агрономии [1, 2]. Однако решения по моделированию растений ограниченно известны и позволяют смоделировать ограниченное количество классифицирующих параметров растения [3]. Для преодоления этого ограничения и разработки универсального программного компонента предложено использовать онтологически настраиваемый мультиагентный планировщик параметров растений, разработанный авторами настоящей статьи. Базовая модель ЦДР и метод расчета были предложены ранее в работе [4]. В настоящей работе представлена модификация этого метода расчета, позволяющая учитывать несколько входных и выходных параметров на каждой стадии развития. Предполагается, что эта связь отражает ключевые физиологические особенности, используемые для прогнозирования продолжительности стадии роста, урожайности и других характеристик растений.

Разработка ЦДР основана на оценке факторов, влияющих на рост и развитие сельскохозяйственных культур. К этим факторам относятся запасы питательных веществ в почве, температура воздуха и другие параметры растения, а их значения на определенных стадиях развития растений служат входными параметрами для модели.

Для сорта с/х культуры задан процесс развития, состоящий из списка фаз

$$Process = \{stage_i\}, i = \overline{1, L},$$

где  $L$  – количество стадий.

Для каждой стадии задан список входных и выходных параметров. Для каждого входного параметра задан список его дискретных значений на всем интервале моделирования. Также для каждого выходного параметра указаны трубки, задающие правила влияния входного параметра на выходной.

$$In_i = \{in_{ij}\}, j = \overline{1, K},$$

где  $K$  – количество влияющих факторов для  $i$ -й стадии развития с/х культуры.

$$Out_i = \{out_{ik}\}, k = \overline{1, M},$$

где  $M$  – количество выходных параметров для  $i$ -й стадии развития с/х культуры.

Выходные значения одной стадии могут являться входными для следующей:

$$In_{i+1} \subset Out_i.$$

Трубкой параметров называется диапазон изменения каждого фактора, влияющего на развитие растения.

$$tube_i^{ik} = \{tubeItem_{ik}^{iq}\}, l = \overline{1, L}, q = \overline{1, Q},$$

где  $L$  – количество входных параметров, влияющих на  $k$ -й выходной параметр на  $i$ -й стадии;  $Q$  – количество интервалов в трубке.

$$tubeItem_{ik}^{iq} = \{tubeBorder_{ik}^{lq}, tubeBorder_{ik}^{l(q+1)}, deltaOutValue_{ik}^{lq}\},$$

$$deltaOutValue_{ik}^{lq} = \{deltaOutValue_{ik}^{lqp}\}, p = \overline{1, P},$$

где  $P$  – количество интервалов длительности влияния.

Итоговое значение выходного параметра равняется сумме изменений этого выходного параметра на интервалах непрерывного вхождения в интервал трубки. Прирост выходного параметра в рамках одного интервала трубки равен:

$$\Delta out_{is} = \frac{deltaOutValue_{ik}^{lq}}{stageDuration_i} intervalDuration_{is},$$

$$\Delta out_i = \sum \Delta out_{is}.$$

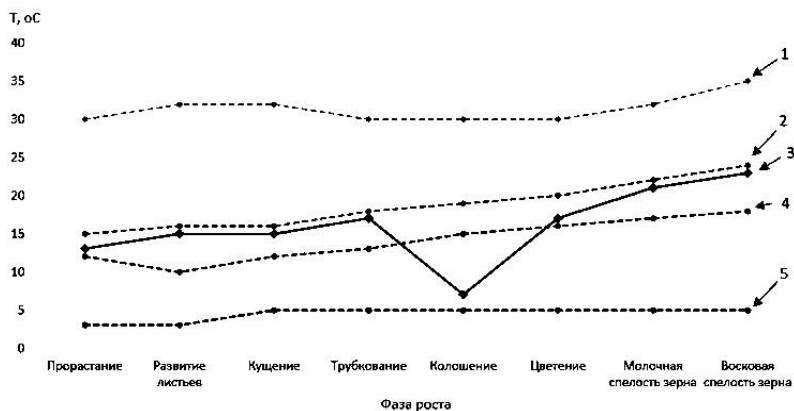
Результаты работы метода, приведенные ниже, на данном этапе демонстрируют применимость такого подхода для моделирования продукционного процесса развития растения.

Для моделирования использовались трубки входных параметров для с/х культуры «Озимая пшеница» сорта «Базис», которые были занесены в базу знаний ЦДР.

Пример графиков для граничных значений трубки фактора «Температура воздуха» и входного значения фактора на каждой фазе приведены на рис. 1.

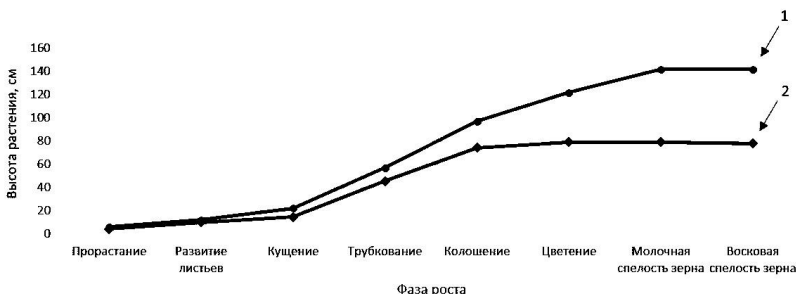
Пример графика со значениями выходного параметра высоты растения для каждой фазы приведен на рис. 2.

Фактор «Температура воздуха» на стадии колошения вышел за границу рекомендуемого минимума, из-за чего прогнозируемое значение высоты растения (рис. 2) значительно отклонилось от нормы.



**Рис. 1. Пример графика температуры воздуха:**

1 – критический максимум; 2 – рекомендуемый максимум;  
 3 – входное значение фактора; 4 – рекомендуемый минимум;  
 5 – критический минимум



**Рис. 2. Пример графика с параметром высоты:**

1 – норма высоты растения; 2 – прогнозируемая высота растения

В работе представлен модифицированный метод расчета выходных параметров сельскохозяйственной культуры в ЦДР, предложена модель трубок факторов, которые характеризуют фазы развития растения и влияние входных параметров внутри каждого из интервалов на выходные параметры растения.

#### **Список использованных источников**

1. Guidelines for digital twins in 5g agriculture / D. Fuentealba, C. Flores, I. Soto, et al. // 13th International Symposium on Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP). – IEEE, 2022. – P. 613 – 618.



2. Exploring the integration of digital twin and generative AI in agriculture / J. Liu, Y. Zhou, Y. Li, et al. // 15th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC). – IEEE, 2023. – P. 223 – 228.

3. Попович, В. Ф. Сравнительный анализ применимости моделей AGROTOOL и WOFOST для условий степного Крыма / В. Ф. Попович, С. А. Моляр // Коняевские чтения : сб. науч. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 2018. – С. 285 – 287.

4. Development of digital twin of plant for adaptive calculation of development stage duration and forecasting crop yield in a cyber-physical system for managing precision farming / P. Skobelev, I. Mayorov, E. Simonova, et al. // Cyber-Physical Systems : Digital Technologies and Applications. – Cham : Springer International Publishing, 2021. – P. 83 – 96.

### ***References***

1. Guidelines for digital twins in 5g agriculture / D. Fuentealba, C. Flores, I. Soto, et al. // 13th International Symposium on Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP). – IEEE, 2022. – P. 613 – 618.

2. Exploring the integration of digital twin and generative AI in agriculture / J. Liu, Y. Zhou, Y. Li, et al. // 15th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC). – IEEE, 2023. – P. 223 – 228.

3. Popovich, V. F. Comparative analysis of AGROTOOL and WOFOST models adaptability for conditions of steppe Crimea / V. F. Popovich, S. A. Molyar // Collection of scientific papers of the VI International scientific and practical conference. – Ekaterinburg, 2018. – P. 285 – 287.

4. Development of digital twin of plant for adaptive calculation of development stage duration and forecasting crop yield in a cyber-physical system for managing precision farming / P. Skobelev, I. Mayorov, E. Simonova, et al. // Cyber-Physical Systems : Digital Technologies and Applications. – Cham : Springer International Publishing, 2021. – P. 83 – 96.

**А. А. Лысенкова, Ю. Т. Платов, Р. А. Платова, В. А. Александрова**  
(Кафедра «Товарная экспертиза и таможенное дело»,  
ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», Москва, Россия,  
e-mail: Ann.terra@mail.ru)

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СОИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ПОРТАТИВНОГО UV-VIS-NIR-СПЕКТРОМЕТРА,  
ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ КАМЕРЫ  
И МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА**

*Аннотация.* Показано применение методов UV-VIS-NIR-спектроскопии и гиперспектрального изображения (ГСИ) в сочетании с многомерным анализом для классификации зерен сои на категории качества. Методом главных компонент (МГК) осуществлена декомпозиция матрицы данных на три группы. По данным ГСИ методом дискриминантного анализа получена классификационная модель зерен сои по категориям качества.

*Ключевые слова:* неразрушающий контроль, соя, UV-VIS-NIR-спектроскопия, гиперспектральное изображение, многомерный анализ.

**A. A. Lysenkova, Yu. T. Platov, R. A. Platova, V. A. Aleksandrova**  
(Department of Commodity Expertise and Customs Affairs,  
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia)

**SOYBEAN QUALITY CONTROL USING  
A PORTABLE UV-VIS-NIR SPECTROMETER  
AND HYPERSPECTRAL CAMERA BY METHODS  
OF MULTIVARIATE ANALYSIS**

*Abstract.* The application of UV-VIS-NIR spectroscopy and hyperspectral imaging (HSI) techniques combined with multivariate analysis to classify soybean grains into quality categories is demonstrated. The data matrix was decomposed into 3 groups using the principal component analysis (PCA). A classification model of soybean grains by quality categories was obtained using the discriminant analysis method.

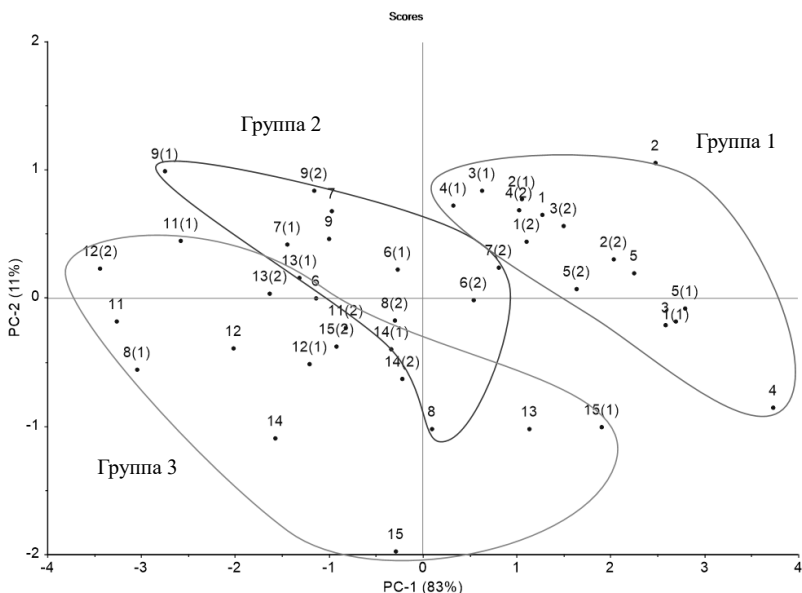
*Keywords:* non-destructive quality control, soya, UV-VIS-NIR spectroscopy, hyperspectral analysis, multivariate data analysis.

Методы оптической спектроскопии имеют преимущество оперативного и неразрушающего контроля и обнаружения скрытых дефектов зерен, которые могут оказать негативное влияние на качество конечного продукта из сои [1, 2].

Цель данной работы – применение портативного UV-VIS-NIR-спектрометра и гиперспектральной камеры в сочетании с методами многомерного анализа для контроля качества зерен сои.

В качестве объектов исследования сформированы 14 выборок зерен сои со складов агрохолдинга. Для анализа данных использовали портативный UV-VIS-NIR-спектрометр TerraSpec 4 Hi-Res (ASD Inc. ANalytical NIR Center, США) в диапазоне 350...2500 нм и гиперспектральную камеру Specim IQ (Spectral Imaging Ltd.) в диапазоне 400...1000 нм. Методами многомерного анализа в программных пакетах Unscrambler (ver. 10.0.4, Camo Software, Норвегия) и STATISTICA 12.5 (StatSoft, США) проведена обработка полученных матриц данных.

На первом этапе по данным UV-VIS-NIR-спектров методом главных компонент сформированы три группы зерен сои (рис. 1) в зависимости от категории качества, различающиеся по органолептическим признакам (желтые, потемневшие и зерна с дефектами внешнего вида). Выделены три ГК, объясняющие 98% от общей дисперсии.

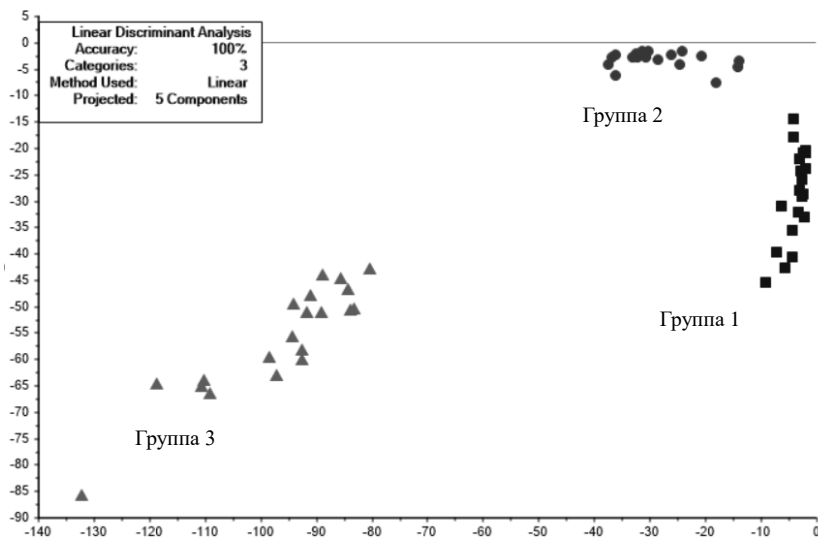


**Рис. 1. Расположение точек, соответствующих образцам сои, в координатах 1 и 2 ГК:**

группа 1 – желтые зерна, группа 2 – потемневшие зерна, группа 3 – зерна с дефектами внешнего вида

Зарегистрированные ГСИ были предварительно обработаны и усреднены. Получена интерпретация ГСИ в псевдоцветах по трем ГК (красный – 1ГК; зеленый – 2ГК; синий – 3ГК), что позволило выявить неоднородность исследуемых выборок зерен сои. Установлено, что визуально желтые зерна имеют дефекты, незаметные при проведении органолептической оценки.

Разработаны многомерные модели классификации зерен сои по категориям качества. По итогам моделирования методом дискриминантного анализа наиболее репрезентативной явилась модель (рис. 2), для которой были использованы спектральные сигнатуры гиперспектральных изображений зерен сои. Точность данной классификационной модели составила 100% после удаления выбросов – образцов сои, выходящих за пределы критических значений статистики F-критерия и Hotelling's  $T^2$ .



**Рис. 2. Расположение исследуемых выборок сои в координатах первой и второй дискриминантных функций по данным гиперспектральных изображений**

Таким образом, по данным, полученным с портативного спектрометра, проведена градация на группы по категориям качества. С помощью гиперспектральной камеры методами многомерного анализа получена классификационная функция. При расширении базы данных

и увеличении количества выборок данное исследование будет перспективным для контроля качества зерен сои на месте в режиме реального времени.

#### *Список использованных источников*

1. Vis/NIR spectroscopy for non-destructive method in detecting soybean seeds viability / D. A. S. Saputri, M. F. R. Pahlawan, B. M. Murti, R. E. Masithoh // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2022. – V. 1038, No. 1. – P. 012043.

2. Неразрушающая экспресс-идентификация сортов сои с использованием технологии гиперспектральной визуализации (англ.) / L. Wang, L. Pang, L. Yan, J. Zhang // Журнал прикладной спектроскопии. – 2022. – Т. 89, № 1. – С. 94 – 101.

#### *References*

1. Vis/NIR spectroscopy for non-destructive method in detecting soybean seeds viability / D. A. S. Saputri, M. F. R. Pahlawan, B. M. Murti, R. E. Masithoh // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2022. – V. 1038, No. 1. – P. 012043.

2. Nondestructive Rapid Identification of Soybean Varieties Using Hyperspectral Imaging Technology (In Engl.) / L. Wang, L. Pang, L. Yan, J. Zhang // Zhurnal Prikladnoii Spektroskopii. – 2022. – V. 89, No. 1. – P. 94 – 101.

**Д. А. Любимова, А. Г. Дивин**  
(Кафедра «Мехатроника и технологические измерения»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия,  
e-mail: miti@tstu.ru)

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ РАСТИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ ЯБЛОК С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА СЛУЧАЙНОГО ЛЕСА**

*Аннотация.* Рассмотрено применение методологии случайного леса для классификации дефектов растительной ткани яблок на основе данных спектрограмм, полученных с помощью гиперспектральной камеры. Приведен пример подбора гиперпараметров методом кросс-валидации для оптимизации качества работы модели случайного леса.

*Ключевые слова:* оптический контроль, сортировка овощей и фруктов, классификация, машинное обучение, случайный лес.

**D. A. Lyubimova, A. G. Divin**  
(Department of Mechatronics and Technological Measurements,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **CLASSIFICATION OF APPLE PLANT TISSUE DEFECTS USING THE RANDOM FOREST METHOD**

*Abstract.* The application of the random forest methodology for classifying apple plant tissue defects based on spectrogram data obtained using a hyperspectral camera is considered. An example of hyperparameter selection using the cross-validation method to optimize the performance of the random forest model is given.

*Keywords:* optical inspection, sorting of vegetables and fruits, classification, machine learning, random forest.

Оптические сортировщики широко используются в пищевой промышленности для сортировки овощей и фруктов [1]. Авторами работы [2] была сформирована база данных, содержащая спектрограммы интенсивности отраженного излучения от растительной ткани яблок. Каждой спектрограмме присвоена цифровая метка, идентифицирующая вид повреждения (табл. 1).

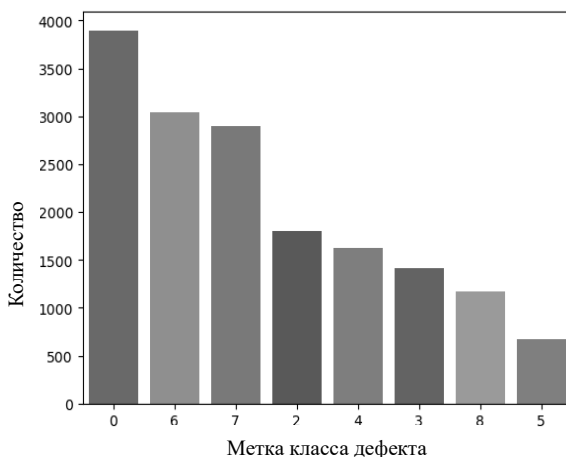
Отличие спектрограмм, соответствующих здоровым участкам, от спектрограмм поврежденных тканей и других объектов дает возможность использовать алгоритмы машинного обучения для автоматизации классификации дефектов плодоовощной продукции.

В данной работе рассматривается вариант построения модели машинного обучения на основе метода случайного леса.

## 1. Классы дефектов яблок на полученных спектрограммах

Класс поверхности объекта контроля, с которой получена спектрограмма	Метка класса
Неповрежденная растительная ткань	0
Увявший плод	1
Плоды с загнившими растительными тканями	2
Плоды с джонатановой пятнистостью	3
Плоды, поврежденные сельхозвредителями	4
Плоды с пятнами парши	5
Неповрежденная растительная ткань, содержащая плодоножку	6
Неповрежденная растительная ткань, содержащая чашелистики	7
Поверхность конвейера	8

При построении модели для классификации дефектов были выбраны спектрограммы, полученные для сорта яблок «Имрус». Всего 16 517 спектрограмм, каждая из которых содержит 224 значения отраженного спектра и класс соответствующего дефекта (рис. 1).



**Рис. 1. Количество дефектов в наборе спектрограмм по их видам**

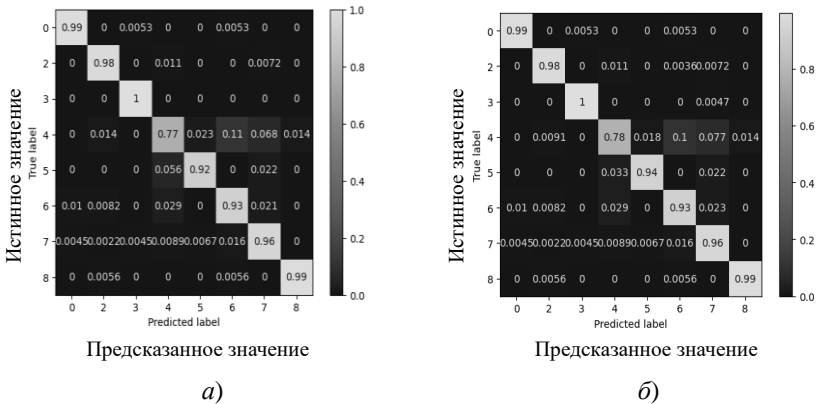
Набор данных был разделен на обучающую и тестовые выборки в соотношении 80 на 20. Для реализации метода случайного леса была использована библиотека Python Scikit-learn [3] (листинг 1).

```

1 model = RandomForestClassifier(random_state=42, n_estimators=100,
2                               max_depth=15, max_features=15, min_samples_leaf=30)

```

**Листинг 1. Конфигурация модели случайного леса с усредненными гиперпараметрами**



**Рис. 2. Матрица неточностей:**  
*a* – до применения кросс-валидации; *б* – после

Матрица неточностей после обучения модели и ее проверки на тестовой выборке приведена на рис. 2, *a*.

Методом кросс-валидации было выбрано оптимальное количество деревьев в случайном лесу (*n\_estimators*). В качестве метрики качества модели был выбран коэффициент каппа Коэна (Листинг 2). Полученная матрица неточностей после уточнения гиперпараметра приведена на рис. 2, *б*.

```

1 tree_params = {
2   'n_estimators': [70, 100, 120, 150]
3 }
4 tree_grid = GridSearchCV(model, tree_params, cv=5, n_jobs=2,
5                           verbose=True, scoring=make_scorer(cohen_kappa_score))
6 tree_grid.fit(X_train, y_train)

1 print (tree_grid.best_params_)
2 model = RandomForestClassifier(random_state=42, n_estimators=120,
3                               max_depth=15, max_features=15, min_samples_leaf=30)

```

{'n\_estimators': 120}

**Листинг 2. Применение кросс-валидации для поиска оптимального количества деревьев в случайном лесу**



Рассчитанная каппа-метрика показала достаточно высокое значение для того, чтобы утверждать, что применение метода случайного леса для классификации дефектов ткани яблок может быть достаточно эффективным (Листинг 3).

```
1 print ("Случайный лес:",
2       round(cohen_kappa_score(y_test_pred,
3                               y_test, weights='quadratic'), 3))
```

Случайный лес: 0.968

### Листинг 3. Расчет каппа-метрики

В данной работе показан пример оптимизации качества модели за счет одного параметра, однако можно существенно повысить точность классификации, проведя поиск значений и для остальных гиперпараметров модели (например, методом поиска по сетке или случайного поиска), таких как число признаков, максимальная глубина деревьев, минимальное число объектов в листьях и др.

#### *Список использованных источников*

1. Vision system for detection of defects on apples using hyperspectral imaging coupled with neural network and Haar cascade algorithm / P. V. Balabanov, A. G. Divin, A. S. Egorov, et al. // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering Conference. – Krasnoyarsk Science and Technology Cit y Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2020. – P. 52058.

2. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022620419 Российская Федерация. Гиперспектральные изображения (спектрограммы в диапазоне 400..1000 нм) яблок сортов «Имрус», «Орловское», «Спартан» / П. В. Балабанов, А. Г. Дивин, А. С. Егоров и др. – № 2022620195 ; заявл. 07.02.2022 ; опубл. 01.03.2022.

3. Scikit-learn documentation. – URL : <https://scikit-learn.org/stable/api/index.html> (дата обращения: 19.09.2024).

#### *References*

1. Vision system for detection of defects on apples using hyperspectral imaging coupled with neural network and Haar cascade algorithm / P. V. Balabanov, A. G. Divin, A. S. Egorov, et al. // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering Conference. – Krasnoyarsk Science and Technology Cit y Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2020. – P. 52058.

2. Certificate of state registration of the database No. 2022620419 Russian Federation. Hyperspectral images (spectrograms in the range of 400...1000 nm) of apples of the varieties "Imrus", "Orlovskoye", "Spartan" / P. V. Balabanov, A. G. Divin, A. S. Egorov et al. – No. 2022620195 ; declared. 02/07/2022 ; published. 03/01/2022.

3. Scikit-learn documentation. – URL: <https://scikit-learn.org/stable/api/index.html> (Accessed 09/19/2024).

**И. А. Ветров<sup>1</sup>, В. В. Подтопелный<sup>2</sup>,**

**А. Н. Ильяшов<sup>2</sup>, А. Г. Жестовский<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>ОНК «Институт высоких технологий»,

ФГАОУ ВО «БФУ им. И. Канта»,

e-mail: vetrov.gosha2009@yandex.ru;

<sup>2</sup>Кафедра «Информационная безопасность»

ФГБОУ ВО «КГТУ», г. Калининград, Россия,

e-mail: ionpvv@mail.ru)

## **РОЛЬ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕССАХ АУДИТА ИБ**

*Аннотация.* Рассмотрены проблема использования систем искусственного интеллекта в процессах обеспечения информационной безопасности в организациях, проблемы эксплуатации ИИ.

*Ключевые слова:* информационная безопасность, искусственный интеллект, угрозы безопасности информации, аудит.

**I. A. Vetrov<sup>1</sup>, V. V. Podtopelny<sup>2</sup>,**

**A. N. Pyashov<sup>2</sup>, A. G. Gestovsky<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>ONK “Institute of High Technologies”,

BFU named after I. Kant;

<sup>2</sup>Department of Information Security, KSTU, Kaliningrad, Russia)

## **THE ROLE OF MODERN ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS IN INFORMATION SECURITY AUDIT PROCESSES**

*Abstract.* The problem of using artificial intelligence systems in the processes of ensuring information security in organizations is considered. The problems of exploitation of artificial intelligence are considered.

*Keywords:* information security, artificial intelligence, threats to information security, audit.

Современные системы искусственного интеллекта (ИИ) сегодня играют важную роль в процессах обеспечения информационной безопасности (ИБ) (в том числе внедряются в процессы аудита ИБ) системных и сетевых ресурсов, инфраструктуры в различных организациях и на производственных предприятиях. Эти интеллектуальные системы позволяют автоматизировать сбор и анализ большого объема различных данных, необходимых для оценки защищенности информа-

ционных систем (ИС), контроля событий безопасности в режиме реального времени в рамках эксплуатации систем SIEM [1, 2]. Объясняется расширение использования технологий ИИ в области задач ИБ следующим образом:

1. Системы ИИ обеспечивают автоматизацию процедур контроля состояния защищенности ИС, в том числе дают возможность периодического повторения процедур сбора и анализа данных в рамках проведения планового аудита и постоянного мониторинга состояний безопасности.

2. Реализуют интеллектуальную обработку разнотипных данных с учетом контекста событий, что облегчает работу аналитика SOC.

3. Для решения проблем внутреннего аудита элементы ИИ внедряются в системы типа SIEM (Security information and event management), которые частично реализуют процессы аудита инфраструктуры в процессе эксплуатации ИС различных типов, позволяют аудитору формировать сценарии предполагаемых атак [2]. Однако глубокий анализ в автоматизированной форме не всегда осуществляется. При решении задач ИБ на производственных предприятиях подобные системы обычно размещаются на диспетчерском уровне автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

Очевидно, для достижения целей внешнего и внутреннего аудита информационной безопасности инфраструктуры предприятия ИИ должны обладать следующими свойствами:

1. Производить масштабный и точный анализ данных состояния безопасности технологически различающихся активных систем.

2. Учитывать влияние уже встроенных в инфраструктуру средств информационной безопасности.

3. Предоставлять вероятностные результаты анализа с учетом неопределенности данных.

Также следует отметить распространенную практику разработчиков систем защиты сетевого трафика: внедрение механизмов ИИ для анализа пакетов данных. Такие системы обучаются на основе исходных данных сетевого трафика, что подразумевает выявление вторжений на примере сетевых атак. При обучении моделей распознавания сетевых угроз используются специальные наборы данных, такие как набор UNSW-NB15, разработанный лабораторией киберугроз Австралийского центра кибербезопасности. Эти датасеты содержат разнообразные параметры вредоносного воздействия, что позволяет моделям более точно идентифицировать угрозы в реальных условиях.

К сожалению, достоверность подобных датасетов вызывает вопросы. При экспериментальном использовании датасета австралийского центра выявились погрешности в параметрах атак, что сказалось на точности классификации сетевых атак, как и в целом на точности выявления угроз ИБ. Другим аспектом применения систем ИИ в современной инфраструктуре является появление угроз, направленных на компрометацию подобных систем. Выделяют два типа угроз [4 – 7]:

- логические. Угрозы ориентированы на нарушение логики работы и при реализации ориентированы на взаимодействие с интерфейсами систем ИИ в целях создания ситуации коллизии без вторжения в инфраструктуру и компрометации компонентов вычислительной системы;

- инфраструктурные. Угрозы ориентированы на нарушение логики работы ИИ и также ориентированы на вторжение в инфраструктуру вычислительной системы ИИ с последующей компрометацией ее компонентов.

Произошло увеличение атак на ИИ в 2021 году на 30%, по сравнению с предыдущим годом. Состязательные атаки (обман вычислительной модели посредством передачи компрометированных данных) стали наиболее распространенными в 2022 году, составив 45% всех атак на ИИ [8].

Таким образом, системы ИИ стали целью злоумышленников и, соответственно, той частью проблемной области, к которой требуется также применять процедуры аудита. Таким образом, аудит должен учитывать специфику систем ИИ:

1. Режимы работы. В отличие от классических информационных систем, применение ИИ производится в двух режимах: обучающем, штатном (режим эксплуатации). Также эти два режима могут совмещаться.

2. Специфика нападения. Для нападения злоумышленник может использовать штатные интерфейсы доступа для создания коллизий работы вычислительных моделей.

3. Доступность технологий. Большая часть датасетов и компонентов ИИ, используемых при разработке, находится в открытом доступе, что увеличивает вероятность их компрометации.

При аудите важно установить, что именно будет исследоваться: безопасность данных, соответствие регуляторным требованиям, надежность алгоритмов и т.д. Также нужно определить границы ауди-

та: какие системы и процессы будут охвачены. Определение границ для языковых моделей в силу их распространенности проблематично. С другой стороны, присутствует проблема понимания сложных систем ИИ, работы их классификатора после обучения. В этом случае могут потребоваться специализированные знания, которыми обычный аудитор ИБ не обладает (они доступны разработчику).

Проведение аудита ИИ на производственном предприятии – это сложный процесс, требующий глубоких знаний в области безопасности, технологий ИИ и специфики производственных процессов. Главные трудности заключаются в недостатке информации, сложности в идентификации угроз и сценариев атак, а также в необходимости балансировать между безопасностью и функциональностью системы.

Таким образом, системы искусственного интеллекта представляют собой важный инструмент для повышения эффективности аудита информационной безопасности. Их способность к обучению и адаптации делает их незаменимыми в условиях постоянно меняющихся киберугроз. Внедрение и оптимизация таких технологий позволит значительно улучшить защиту сетевой инфраструктуры и повысить уровень безопасности на предприятиях. При этом системы ИИ сами становятся целью злоумышленников и, соответственно, их требуется защищать, учитывая специфику, наряду с классическими ИС.

#### *Список использованных источников*

1. Астахов, А. Введение в аудит информационной безопасности [Электронный ресурс] / А. Астахов // GlobalTrust Solutions. – 2018. – URL: <http://globaltrust.ru>
2. Методика оценки угроз безопасности информации : методический документ (утв. Федеральной службой по техническому и экспортному контролю 5 февраля 2021 г.). – 83 с.
3. Гришина, Н. В. Использование методов искусственного интеллекта для обеспечения информационной безопасности / Н. В. Гришина // Информационная безопасность: вчера, сегодня, завтра : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – М., 2020.
4. Common Attack Pattern Enumerations and Classifications [Электронный ресурс]. – URL : <https://capec.mitre.org/>
5. Common Vulnerability Scoring System Calculator [Электронный ресурс]. – URL : <https://nvd.nist.gov/vuln-metrics/cvss/v2-calculator>
6. MITRE ATLAS // MITRE ATT&CK [Электронный ресурс]. – URL : <https://atlas.mitre.org>
7. Намиот, Д. Е. Схемы атак на модели машинного обучения / Д. Е. Намиот // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – Т. 11, № 5. – С. 68 – 86.

8. Кибербезопасность в 2022–2023. Тренды и прогнозы. [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/ogo-kakaya-ib/>

### *References*

1. Astakhov, A. Introduction to Information Security Audit [Electronic Resource] / A. Astakhov // GlobalTrust Solutions. – 2018. – URL : <http://globaltrust.ru>

2. Methodology for assessing information security threats : Methodological Document (approved by the Federal Service for Technical and Export Control on February 5, 2021). – 83 p.

3. Grishina, N. V. The use of artificial intelligence methods to ensure information security / N. V. Grishina // Information security: yesterday, today, tomorrow. Collection of articles based on the materials of the III International Scientific and Practical Conference. – M., 2020.

4. Common Attack Pattern Enumerations and Classifications [Electronic resource]. – URL : <https://capec.mitre.org/>

5. Common Vulnerability Scoring System Calculator [Electronic resource]. – URL : <https://nvd.nist.gov/vuln-metrics/cvss/v2-calculator>

6. MITRE ATLAS // MITRE ATT&CK [Electronic resource]. – URL : <https://atlas.mitre.org>

7. Namiot, D. E. Schemes of attacks on machine learning models / D. E. Namiot // International journal of open information technologies. – 2023. – V. 11, No. 5. – P. 68 – 86.

8. Cybersecurity in 2022–2023. Trends and forecasts. [Electronic resource]. – URL : <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/ogo-kakaya-ib/>

**А. Н. Потапов<sup>1</sup>, А. М. Тюнина<sup>1</sup>, Н. А. Черный<sup>2</sup>, А. В. Бунин<sup>3</sup>**  
(<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ВГЛУ имени Г. Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия;  
<sup>2</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия им. профессора Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия;  
<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «МГТУ ГА», Москва, Россия,  
e-mail: Potapov\_il@mail.ru)

## **ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

*Аннотация.* Рассмотрены проблемные вопросы кластеризации как основы моделирования процесса обработки и представления информации в автоматизированной системе управления сложными объектами.

*Ключевые слова:* кластер, информация, автоматизированная система управления, многомерный, обработка.

**A. N. Potapov<sup>1</sup>, A. M. Tyunina<sup>1</sup>, N. A. Cherny<sup>2</sup>, A. V. Bunin<sup>3</sup>**  
(<sup>1</sup>Voronezh State Forestry Engineering University  
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia;  
<sup>2</sup>Military Training and Research Center of the Air Force  
“Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky  
and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russia;  
<sup>3</sup>Moscow State Technical University of Civil Aviation (MGTU GA),  
Moscow, Russia)

## **THE USE OF CLUSTERING FOR INFORMATION PROCESSING IN A COMPLEX OBJECT MANAGEMENT SYSTEM**

*Abstract.* The article discusses the problematic issues of clustering as the basis for modeling the process of processing and presenting information in an automated control system for complex objects.

*Keywords:* cluster, information; automated control system, multidimensional, processing.

Многомерные статистические методы – инструментарий, предназначенный для моделирования объектов вероятностной природы, характеризующихся наличием большого количества контролируемых и регистрируемых показателей. Кластерный анализ (КА) – это совокупность методов, позволяющих классифицировать многомерные наблюдения, каждое из которых описывается набором признаков [1].

Более точное определение приведено в работе [2]: – это задача разбиения исходных данных на поддающиеся интерпретации группы таким образом, чтобы элементы, входящие в одну группу, были максимально «схожи», а элементы из разных групп были максимально «отличными» друг от друга. При этом число групп может быть заранее неизвестно, отсутствовать информация об их внутренней структуре. Данный подход можно рассматривать также как метод редукции некоторого множества данных в более компактную классификацию объектов. На сегодняшний день аппарат используется в двух основных направлениях: классификация и анализ взаимосвязей. В качестве неоспоримых достоинств КА, по сравнению с другими методами классификации, можно привести следующие:

- не требует априорных предположений, накладываемых на выборку;
- позволяет рассматривать множество исходных данных практически произвольной природы;
- рассматривает достаточно большой объем информации и делает его компактным и наглядным;
- корректно работает при малом количестве данных;
- применим в случаях простой группировки, в которой все сводится к образованию групп по количественному сходству;
- производит разбиение объектов не по одному параметру, а по целому набору признаков;
- позволяет применительно к совокупностям временных рядов, характеризующих экономическое развитие, выделять периоды, когда значения соответствующих показателей были достаточно близкими, а также определять группы рядов, динамика которых наиболее схожа;
- допускает циклическое использование, т.е. исследование производится до тех пор, пока не будут достигнуты необходимые результаты. При этом каждый цикл может давать информацию, которая способна сильно изменить направленность и подходы дальнейшего применения кластерного анализа. Этот процесс можно представить системой с обратной связью;
- весьма перспективно сочетание кластерного анализа с другими количественными методами (например, регрессионным анализом).

Как и любой другой метод, КА имеет и определенные недостатки, в качестве которых можно выделить:

- состав и количество кластеров зависит от выбираемых критериев разбиения;
- при сведении исходного массива данных к более компактному виду могут возникать определенные искажения, а также могут теряться



индивидуальные черты отдельных объектов за счет замены их характеристиками обобщенных значений параметров кластера;

– при проведении классификации объектов игнорируется очень часто возможность отсутствия в рассматриваемой совокупности каких-либо значений кластеров [3].

В КА считается, что:

– выбранные характеристики допускают в принципе желательное разбиение на кластеры;

– единицы измерения (масштаб) выбраны правильно.

Выбор масштаба играет большую роль. Как правило, данные нормализуют вычитанием среднего и делением на СКО.

Как правило, при применении КА аналитик сталкивается с двумя группами задач:

– на основе теоретических предпосылок выбрать адекватный алгоритм;

– грамотно провести анализ и проинтерпретировать результаты.

В связи с этим цель КА – образование групп схожих между собой объектов, которые называются кластерами, – совокупность точек, лежащих на расстоянии не больше, чем  $r$  от некоторого «центра тяжести» в  $m$ -мерном пространстве (внутри гиперсферы радиусом  $r$  или гиперкуба со сторонами  $2r$ ). Поэтому задача КА – на основании данных, содержащихся во множестве  $X$ , разбить множество объектов  $G$  на  $m$  ( $m$  – целое) кластеров (подмножеств)  $Q_1, Q_2, \dots, Q_m$  так, чтобы каждый объект  $G_j$  принадлежал одному и только одному подмножеству разбиения и чтобы объекты, принадлежащие одному и тому же кластеру, были сходными, в то время как объекты, принадлежащие разным кластерам, были разнородными.

Выбор той или иной меры расстояния между кластерами влияет главным образом на вид выделяемых алгоритмами кластерного анализа геометрических группировок объектов в пространстве признаков.

Если матрица исходных данных представлена в виде таблицы, то оценка сходства между объектами сильно зависит от абсолютного значения признака и степени его вариации в совокупности. Чтобы устранить подобное влияние на процедуру классификации, значения исходных данных нормируют одним из способов:  $z_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / \sigma_j$ ;

$z_{ij} = x_{ij} / x_{\max j}$ ;  $z_{ij} = x_{ij} / x_j$ ;  $z_{ij} = x_{ij} / x_{\min j}$ . В качестве меры сходства

отдельных переменных используются парные коэффициенты корреляции Пирсона. Если исходные переменные являются альтернативными признаками, то можно использовать коэффициенты ассоциативности. При сегментировании желательно учесть влияние отдельных свойств

объектов, например срок реализации, спрос и др. С этой целью принято задавать коэффициенты важности переменным, описывающим конкретные свойства объекта, учитывать их при вычислении меры сходства между объектами и, следовательно, оказывающим влияние на разбиение товарных сегментов. Коэффициенты важности с помощью специальных алгоритмов могут быть установлены на основе анализа мнения аналитика, который сегментирует товары.

Общей проблемой в кластерном анализе является сложность определения «естественного» числа кластеров  $T$  в модели. В некоторых случаях  $T$  может быть выбрано априорно, однако в общем случае определяется в процессе разбиения множества на кластеры. Данный процесс часто связан с нахождением баланса между решением задачи наиболее полного описания данных и ростом сложности модели. Увеличение числа кластеров приводит к увеличению правдоподобия данных, на которых производилось обучение, но при большой сложности модели происходит ее «переобучение», т.е. подгонка параметров к частным особенностям обучающих данных, а не к их структуре и имеющихся в них закономерностям. Приведенный в работе алгоритм заключается в поиске первого локального максимума функции правдоподобия тестовых данных от числа кластеров в модели. Алгоритмы кластеризации, оперирующие понятием центра кластера, обычно следуют допущению, что внутри каждого кластера данные распределены по определенному унимодальному закону, например гауссовому. Эти методы предполагают, что каждый кластер описывается только одним центром, и этим центром является мода соответствующего распределения.

#### *Список использованных источников*

1. Айвазян, С. А. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности / С. А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
2. Алефельд, Г. Введение в интервальные вычисления / Г. Алефельд, Ю. Херцбергер. – М. : Мир, 1987. – 356 с.
3. Бауэрсокс, Д. Д. Логистика: интегрированная цепь поставок / Д. Д. Бауэрсокс, Д. Д. Клосс. – М. : Олимп-бизнес, 2001. – 640 с.

#### *Referenses*

1. Ayvazyan, S. A. Applied statistics: Classification and dimensionality reduction / S. A. Ayvazyan, V. M. Bukhstaber, I. S. Enyukov. – M. : Finance and Statistics, 1989. – 607 p.
2. Alefeld, G. Introduction to interval computing. / G. Alefeld, Y. Herzberger. – M. : Mir, 1987. – 356 p.
3. Bauersox, D. D. Logistics: integrated supply chain / D. D. Bauersox, D. D. Kloss – M. : Olympus-business, 2001. – 640 p.

**Д. А. Бобров, В. А. Бугров, С. А. Сенкевич**  
(НИЛ «Интеллектуальные беспилотные  
робототехнические платформы»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: thegreatarchitect1424@gmail.com)

## **БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПЛОДОВООЩНЫХ КУЛЬТУР**

*Аннотация.* Рассмотрен процесс разработки и изготовления беспилотного летательного аппарата, оборудованного гиперспектральной камерой Specim IQ. Приведен обзор комплектования БПЛА, цифрового обеспечения дрона.

*Ключевые слова:* БПЛА, Specim IQ, гиперспектральный контроль, квадрокоптер, полетный контроллер, гиперспектральная камера.

**D. A. Bobrov, V. A. Bugrov, S. A. Senkevich**  
(Research Laboratory “Intelligent Unmanned Robotic Platforms”,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR HYPERSPECTRAL CONTROL OF FRUIT AND VEGETABLE CROPS**

*Abstract.* The process of developing and manufacturing an unmanned aerial vehicle equipped with a Specim IQ hyperspectral camera is considered. An overview of UAV acquisition and digital drone support is provided.

*Keywords:* UAV, Specim IQ, hyperspectral control, quadcopter, flight controller, hyperspectral camera.

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) находят все большее применение в различных видах экономической деятельности, а также во многих сферах повседневной жизни. Одним из перспективных направлений использования БПЛА является сельское хозяйство. Беспилотные летательные аппараты способны перевозить грузы различной массы, габаритов и назначения. Синтез современных бортовых цифровых компонентов, устанавливаемых на БПЛА, способен существенно повысить низкую на данный момент степень автоматизации полевых сельскохозяйственных работ, выполняя широкий спектр задач путем переноса полезной нагрузки в полностью автономном режиме, исключая постоянный контроль и управление со стороны оператора БПЛА. Среди таких задач выделяется неразру-

шающий контроль плодоовощных культур на агропромышленных предприятиях [1].

Полезной нагрузкой рассматриваемого БПЛА является гиперспектральная камера Specim IQ, показанная на рис. 1. Данное устройство осуществляет съемку объектов контроля, плодов сельскохозяйственных культур, на длинах волн 400...1000 нм. Получаемый массив изображений в формате гиперкуба обрабатывается с помощью программного обеспечения Specim Studio. Результатом работы такой системы является получение информации о качестве и годности плодов сельскохозяйственных культур. Также при подъеме БПЛА на высоту более 100 м возможно гиперспектральное сканирование целых участков сада или сельскохозяйственных угодий в целях обнаружения и детектирования отдельных зон растений с различными фитозаболеваниями.



**Рис. 1. Гиперспектральная камера Specim IQ**

Для переноса полезной нагрузки в виде гиперспектральной камеры и модуля управления камерой БПЛА комплектуется полетным контроллером Holybro Pixhawk 6s, обмен информации с которым осуществляется с помощью бортовой системы связи [2]. Данный комплект связи включает в себя радиоприемник и две всенаправленные антенны. Пульт управления с сенсорным экраном находится у оператора, куда и приходит сигнал с БПЛА. Аппарат также оснащен курсовой оптической камерой и двумя прожекторами для получения видеoinформации о полете и местонахождении БПЛА. Питание систем БПЛА обеспечивает литий-полимерный аккумулятор DJI TB48D 6S емкостью 5700 мА·ч, выдерживающий 25 минут полета БПЛА.

Системы БПЛА, а также полезная нагрузка в виде гиперспектральной камеры крепятся на раму DJI Matrice 100, выполненную из прочного и гибкого карбона. Для обеспечения безопасного полета и переноса полезной нагрузки для БПЛА выбрана конфигурация квадрокоптера [3]. Таким образом, полет БПЛА обеспечивают 4 электродвигателя DJI 3510 350KV, обеспечивающие наилучшую энергоэффектив-

ность. В конструкции БПЛА используется комплект воздушных пропеллеров постоянного шага диагональю 13 дюймов DJI 1345S с углом наклона лопастей 45 градусов, приводимых в движение каждым из четырех двигателей. Управление двигателями осуществляется регуляторами оборотов Cyclone 45A, передающими энергию и управляющее воздействие к моторам. Связь между полетным контроллером и комплектом регуляторов оборотов осуществляется с помощью платы распределения питания Holybro Pm07.

Собранный БПЛА представлен на рис. 2. В ходе проведенных полевых испытаний БПЛА успешно завершил полет как в ручном, так и в автономном режимах. В ходе испытаний была протестирована и система гиперспектрального сканирования сельскохозяйственных угодий. Были получены массивы данных с информацией о состоянии яблоневого сада, в котором полетные испытания и проводились.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Разработка роботизированного комплекса наземной и воздушной беспилотных платформ для применения в агротехнологиях» (ЕГИСУ НИОКТР: 124062100023-3).*



**Рис. 2. Собранный БПЛА**

### ***Список использованных источников***

1. Даниловских, М. Г. Обработка с БПЛА посевов вегетирующих растений / М. Г. Даниловских, Л. И. Винник // Инновационная наука. – 2017. – № 12. – С. 77 – 81.
2. Шарапов, А. А. Разработка многофункционального БПЛА / А. А. Шарапов, А. Ю. Лепень // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – Т. 10. – С. 69 – 73.
3. Биард, Р. У. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. – М. : Техносфера, 2015. – 312 с.

### ***References***

1. Danilovskikh, M. G. Processing of crops of vegetating plants from UAVs / M. G. Danilovskikh, L. I. Vinnik // Innovative science. – 2017. – No. 12. – P. 77 – 81.
2. Sharapov, A. A. Development of a multifunctional UAV / A. A. Sharapov, A. Yu. Lepen // Interexpo Geo-Siberia. – 2017. – V. 10. – P. 69 – 73.
3. Biard, R. U. Small unmanned aerial vehicles: theory and practice / R. U. Biard, T. W. McLane. – M. : Technosphere, 2015. – 312 p.

**А. С. Табачинский, А. О. Стрижаков, Е. В. Кудряков**  
(Самарский федеральный исследовательский центр РАН,  
г. Самара, Россия,  
e-mail: tabachinski.as@samgtu.ru, an.sgau20@mail.ru,  
kydryakov-e.v@ya.ru)

## **СОЗДАНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СОРТОВЫХ МОДЕЛЕЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА РАСТЕНИЙ**

*Аннотация.* Разработка цифровой модели живого организма невозможна без глубоких и осмысленных знаний о химическом, биологическом, а также морфологическом строении этого объекта. Изучение сельскохозяйственных растений ставит целью получить четкие представления о всех процессах, протекающих в период циклов вегетации, а также о том, как эти процессы изменяются в зависимости от антропогенного и природного воздействия. С учетом указанных особенностей исследуемых культур для создания цифровых двойников растений был воспроизведен полный жизненный цикл развития реальных посевов на полях, учитывающий влияние всех типов биотических и абиотических факторов. В ходе исследований были определены наиболее перспективные сорта озимой и яровой пшеницы для условий Среднего Поволжья и других регионов России, разработаны их сортовые модели, определяющие особенности жизненного цикла посевов этого сорта, и проведены испытания реакции виртуальных посевов в системе «Цифровой двойник растений» на моделируемые условия, возникающие в процессе вегетации реальных посевов, путем изменения почвенно-климатических условий и особенностей возделывания.

*Ключевые слова:* жизненный цикл, сельскохозяйственные растения, цифровой двойник растений, сортовая модель, база знаний.

**A. S. Tabachinskiy, A. O. Strizhakov, E. V. Kudryakov**  
(Samara Federal Research Scientific Center  
of Russian Academy of Sciences, Samara, Russia)

## **CREATION OF VARIETY MODELS OF CEREAL CROPS TO EXPAND THE KNOWLEDGE BASE OF THE ONTOLOGY OF THE DIGITAL TWIN OF PLANTS**

*Abstract.* The development of a digital model of a living organism is impossible without deep and meaningful knowledge about the chemical, biological, and morphological structure of this object. The study of agricultural plants aims to get a clear understanding of all the processes which occur during the vegetation, as well as how these processes change depending on anthropogenic and natural factors. Taking into account these features of the studied crops, in order

to create digital plant twins, the full life cycle of real crops was reproduced, taking into account the influence of all types of biotic and abiotic factors. During the research, the most promising varieties of winter and spring wheat were identified for the conditions of the Middle Volga region and other regions of Russia, their variety models were developed that determine the features of the life cycle of crops of this variety, and the reaction of virtual crops in the “Digital twin of Plants” system to simulated conditions arising during the vegetation of real crops was tested by changing soil and climatic conditions and features of cultivation.

*Keywords:* plant life cycle, agricultural crops, digital twin of plant, variety model, knowledge base.

В наши дни появляются и все большую популярность набирают цифровые двойники (ЦД) в сфере сельского хозяйства, а именно в растениеводческой отрасли [1 – 3]. ЦД в растениеводстве главным образом применяются при моделировании различных производственных и бизнес-процессов, таких как логистика и ресурсное обеспечение [4]. Отличительная особенность решаемой в настоящем исследовании задачи заключается в том, чтобы моделировать состояние и поведение реальных посевов в зависимости от почвенно-климатических условий, проводимых технологических операций и т.д. для того, чтобы при выявлении каких-либо отклонений в развитии растений заблаговременно давать рекомендации по улучшению состояния посевов. Такое решение названо цифровым двойником растений (ЦДР).

Для отражения физиологии растений была разработана мультипараметрическая мультиагентная модель продукционного процесса растений, описанная ранее в работе [1], которая на основе таких климатических параметров, как влажность и температура воздуха, а также параметров почвенного плодородия в виде содержания в ней органических и минеральных веществ, продуктивной влаги и др., выстраивает определенную цепочку влияния факторов на совокупность параметров развития растения.

На основе значений входных параметров в виде содержания в почве питательных веществ и погодных условий в разработанных сортовых моделях показано их влияние на выходные, т.е. подверженные, параметры растения. В таблице 1 показаны значения входных и подверженных параметров, а также влияние параметров растения с предыдущей фазы развития на последующую в посевах озимой пшеницы, таким образом связывая состояние растения во времени с учетом развития его морфологических частей. В таблице 1 представлены несколько из физиологических правил влияния почвенных и погодных факторов на подверженные параметры, а также правила зависимости состояния растения от значения его параметров на предыдущей

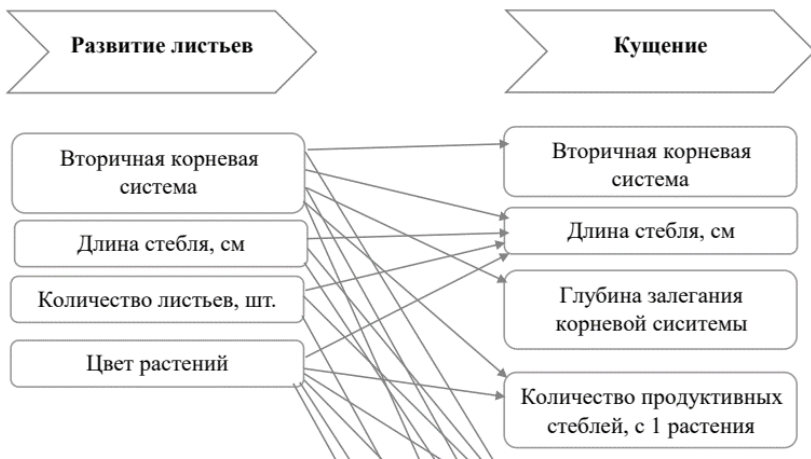


стадии. Более наглядно физиология растения и его развитие в течение жизненного цикла можно изобразить с помощью графа параметров стадий. Пример такой связи параметров растения между стадиями развития листьев и кущения приведен на рис. 1.

На основе морфологических и биологических особенностей культур, для которых построены сортовые модели, учитывается влияние входных параметров (ЗПВ, содержание азота, фосфора и калия и др.) на выходные (длина стебля, количество продуктивных стеблей, колосков в колосе и т.д.). При изменении значения входного параметра пропорционально изменяется значение выходного параметра и далее по стадиям, изменяются значения выходных параметров в зависимости от выходных параметров предыдущих стадий развития, а также значений входных параметров непосредственно в течение длительности этих стадий. Перечень входных параметров, перечисленных в сортовой модели озимой пшеницы, может быть применим и для прочих культур, включая другие семейства.

### 1. Фрагмент сортовой модели озимой пшеницы сорта «Альтернатива»

Макростадия	Входной параметр	Интервал	Подверженные изменению	
			Длина стебля, см	Урожайность, т/га
Развитие листьев	$T$ воздуха, °С	32	8	68
		11	10	71
		3	7	66
	Влажность, %	100	8	68
		65	10	71
		15	7	66
Кущение	$T$ воздуха, °С	30	13	68
		14	14	71
		3	11	66
	Влажность, %	90	13	68
		65	14	71
		15	11	66
	Длина стебля, см	15	17	70
		10	14	71
		7	11	66



**Рис. 1. Схема влияния параметров**

Интервалы входных параметров получены на основе справочных данных, описывающих биологические особенности сортов и культур, земледельческих опытов сортоиспытаний по данным сортам и климатических и почвенных условий районов, для которых данные сорта районированы.

Список и интервалы выходных параметров сортовых моделей построены с учетом биологических особенностей изучаемых культур, данных оригинатора по основным биометрическим показателям сорта, а также исследований, проводимых в ходе экспериментального выращивания посевов на полях научных организаций Приволжского федерального округа в период 2022 – 2024 гг.

В результате исследований модели ЦДР, проводимых в 2024 году, удалось разработать модели для сортов озимой и яровой пшеницы, которые выведены и рекомендованы для возделывания в различных по климатическим особенностям регионах возделывания. В ходе исследований были проведены испытания качества реакции модели ЦДР на моделируемые условия, возникающие в процессе вегетации реальных посевов, путем изменения почвенно-климатических условий и особенностей возделывания. Тестирование включало в себя 53 кейса, из которых успешно выполнены 45, т.е. 85%. Дальнейшие работы по ЦДР включают в себя развитие модели ЦДР для успешного выполнения всех тестируемых кейсов.

Также проведена работа по созданию и наполнению сортовых моделей таких культур, как горох и подсолнечник.

### *Список использованных источников*

1. Разработка мультиагентной модели цифрового двойника капусты брокколи / П. О. Скобелев, А. С. Табачинский, Е. В. Симонова и др. ; редколлегия : И. А. Каляев, В. Г. Пешехонов, С. Ю. Желтов и др. // XVI Всерос. мультikonференция по проблемам управления (МКПУ-2023) : материалы мультikonференции. В 4-х т., Волгоград, 11 – 15 сентября 2023 года. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2023. – Т. 2. – С. 263 – 265.
2. AGROVOC to the Agricultural Ontology Service / B. Lauser, M. Sini, A. Liang, et al. // Concept Server An OWL model for creating ontologies in the agricultural domain. – URL : <http://www.fao.org> (дата обращения:19.09.2024).
3. A vocabulary and ontology repository for agronomy / C. Jonquet, A. Toulet, E. Arnaud, et al. // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – V. 144. – P. 126 – 143.
4. Bali, M. K., Farming in the Digital Age: AI-Infused Digital Twins for Agriculture / M. K. Bali, M. Singh // 2024 3rd International Conference on Sentiment Analysis and Deep Learning (ICSADL), 13–14 March 2024.

### *References*

1. Razrabotka mul'tiagentnoj modeli cifrovogo dvojnika kapusty brokkoli / P. O. Skobelev, A. S. Tabachinskij, E. V. Simonova i dr. ; Redkollegiya : I. A. Kalyaev, V. G. Peshekhonov, S. Yu. Zheltov i dr. // XVI Vserossijskaya mul'tikonferenciya po problemam upravleniya (MKPU-2023) : Materialy mul'tikonferencii. V 4-h tomah, Volgograd, 11 – 15 sentyabrya 2023 goda. – Volgograd : Volgogradskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet, 2023. – T. 2. – P. 263 – 265.
2. AGROVOC to the Agricultural Ontology Service / B. Lauser, M. Sini, A. Liang, et al. // Concept Server An OWL model for creating ontologies in the agricultural domain. – URL : <http://www.fao.org> (date of application:19.09.2024).
3. A vocabulary and ontology repository for agronomy / C. Jonquet, A. Toulet, E. Arnaud, et al. // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – V. 144. – P. 126 – 143.
4. Bali, M. K., Farming in the Digital Age: AI-Infused Digital Twins for Agriculture / M. K. Bali, M. Singh // 2024 3rd International Conference on Sentiment Analysis and Deep Learning (ICSADL), 13–14 March 2024.

**Г. К. Тевяшов**  
(Лаборатория № 80 «Киберфизические системы»,  
ИПУ РАН, Москва, Россия  
e-mail: glebtevyashov96@yandex.ru)

## **КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В АКВАКУЛЬТУРЕ**

*Аннотация.* Аквакультура является не только источником рыбных ресурсов, но и сложной в организационном плане системой. Она требует эффективного управления для поддержания устойчивого производства и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Одним из наиболее перспективных и эффективных подходов является внедрение киберфизических систем (КФС), которые представляют собой интеграцию сенсорных сетей, исполнительных механизмов и интеллектуальных алгоритмов для мониторинга и управления процессами в режиме реального времени. В данной статье рассматривается применение КФС в аквакультуре, включая использование датчиков для мониторинга параметров воды, автоматических кормушек и систем машинного зрения с использованием нейронных сетей для анализа рыбы.

*Ключевые слова:* система мониторинга, аквакультура, рыбное производство, киберфизическая система, нейронные сети.

**G. K. Tevyashov**  
(Laboratory No. 80 “Cyberphysical Systems”,  
ICS RAS, Moscow, Russia)

## **CYBER-PHYSICAL SYSTEMS IN AQUACULTURE**

*Abstract.* Aquaculture is not only a source of fish resources, but also an organizationally complex system. It requires effective management to maintain sustainable production and minimize negative environmental impacts. One of the most promising and effective approaches is the implementation of cyber-physical systems (CPS), which is an integration of sensor networks, actuators and intelligent algorithms to monitor and control processes in real time. This paper discusses the application of CPS in aquaculture, including the use of sensors to monitor water parameters, automatic feeders, and machine vision systems using neural networks to analyze fish.

*Keywords:* monitoring system, aquaculture, fish production, cyber-physical system, neural networks.

Киберфизические системы (КФС) – это системы, объединяющие физические процессы с вычислительными и коммуникационными элементами для автоматизации и оптимизации процессов. В аквакультуре такие системы могут найти применение для решения различных задач, таких как мониторинг параметров воды, автоматизация кормления рыб и отслеживание состояния рыб с использованием компьютерного зре-

ния и анализа данных, что эффективно влияет на условия содержания рыб в бассейнах [1].

Качество воды – один из ключевых факторов, влияющих на здоровье и продуктивность рыбы. Для его контроля в реальных условиях аквакультуры могут использоваться датчики для измерения различных параметров, как например: температура воды, уровень растворенного кислорода, pH, содержание аммиака, нитратов, нитритов и других химических веществ. Датчики, подключенные к системе сбора данных, передают информацию в реальном времени на управляющие устройства (рис. 1). Планируется в дальнейшем эти данные анализировать с использованием алгоритмов предиктивного анализа, которые позволяют предсказывать изменения параметров воды и принимать меры до того, как условия станут критичными для рыб [2].

	A	B	C	D	E	F
1	Время (с)	pH (ед)	DO (мг/л)	TDS (ppm)	Мутность (NTU)	Температура (°C)
2	0	7,145967982	8,041266678	510,4499174	1,225843851	22,32856865
3	10	7,044872572	8,088042164	484,6685243	1,196487648	21,7597608
4	20	6,956946358	8,023337514	505,2177541	1,142676582	21,97857191
5	30	6,959836978	7,944276472	495,144807	1,194895189	21,76706297
6	40	7,030917551	8,127446132	506,8845765	1,386953631	21,91721964
7	50	7,007892407	7,783305336	502,0433399	1,179482943	22,3609631
8	60	6,977057476	8,106825259	505,99754	1,147847632	22,0153093
9	70	6,937823333	7,926796615	494,6270988	1,199326149	21,51274571

**Рис. 1. Показания датчиков с интервалом 10 с**

Развитие нейросетевых технологий для анализа изображений и потоковых видео позволяет использовать системы технического зрения для выполнения задач выделения, сегментирования, подсчета и определения размеров рыб в бассейнах (рис. 2). Точное отслеживание численности рыб позволяет контролировать производительность аквакультуры и предотвращать убытки от потерянной или погибшей рыбы. Также с помощью анализа визуальных данных можно обнаруживать отклонения в поведении рыб, что может указывать на заболевания или другие проблемы [3].

Кроме мониторинга параметров и визуального наблюдения, КФС может использоваться для автоматизации процессов кормления, что позволяет практически полностью исключить участие человека в управлении циклом выращивания рыб. Традиционные методы кормления не всегда обеспечивают точную подачу корма, что может приводить к неравномерному распределению пищи среди рыб и перерасходу кормов. Применение автоматических кормушек обеспечивает возможность точной дозировки корма, учитывая физиологическое состояние рыб и условия окружающей среды.



**Рис. 2. Распознавание рыб**

***Список использованных источников***

1. Using the Digital Reef to Monitor and Enhance Biological Resources in Aquaculture / R. Meshcheryakov, P. Ananiev, P. Anannieva, et al. // Agriculture Digitalization and Organic Production. – St. Petersburg, Russia : Springer, 2022. – P. 425 – 437.
2. Мониторинг качества и безопасности водных биологических ресурсов из водоемов центрального федерального округа Российской Федерации / Н. А. Головина, Н. Н. Романова, П. П. Головин, А. В. Здрок // Гигиена и санитария. – 2020. – № 3.
3. Повышение эффективности производства аквакультуры через развитие информационных цифровых технологий / О. И. Бетин, А. С. Труба, В. П. Черданцев, М. В. Тронина // Вопросы рыболовства. – 2022. – № 23(3). – С. 163 – 170. – URL : <https://doi.org/10.36038/0234-2774-2022-23-3-163-170>

***References***

1. Using the Digital Reef to Monitor and Enhance Biological Resources in Aquaculture / R. Meshcheryakov, P. Ananiev, P. Anannieva, et al. // Agriculture Digitalization and Organic Production. – St. Petersburg, Russia : Springer, 2022. – P. 425 – 437.
2. Monitoring kachestva i bezopasnosti vodnyh biologicheskikh resursov iz vo-doyomov central'nogo federal'nogo okruga Rossijskoj Federacii / N. A. Golovina, N. N. Romanova, P. P. Golovin, A. V. Zdrok // Gigena i sanitariya. – 2020. – No. 3.
3. Increasing the efficiency of aquaculture production through the development of information and digital technologies / O. I. Betin, A. S. Truba, V. P. Cherdantsev, M. V. Tronina // Problems of Fisheries. – 2022. – No. 23(3). – P. 163 – 170. – URL : <https://doi.org/10.36038/0234-2774-2022-23-3-163-170>

**М. А. Ивановский, И. А. Дьякова, И. А. Глазкова**  
 (Кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
 ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
 e-mail: inga.glazkova99@mail.ru)

## АНАЛИЗ КОМПОНЕНТОВ МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТА ПОЛИЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

*Аннотация.* В статье применительно к полиэргатической системе управления рассмотрены компоненты интеллекта операторов полиэргатических систем управления, приведены основные системотехнические принципы автоматизации деятельности операторов.

*Ключевые слова:* компоненты интеллекта, полиэргатическая система, пространство состояний, временные функции операторской деятельности, системотехнические принципы.

**M. A. Ivanovsky, I. A. Dyakov, I. A. Glazkova**  
 (Department of Information Systems and Information Security,  
 TSTU, Tambov, Russia)

## ANALYSIS OF THE COMPONENTS OF THE INTELLIGENCE MODEL OF A POLYERGATIC SYSTEM

*Abstract.* The article examines the components of intelligence of operators of polyergatic control systems in relation to a polyergatic control system, and presents the basic system engineering principles of automation of operator activities.

*Keywords:* components of intelligence, polyergatic system, state space, time functions of operator activity, system engineering principles.

Приближенно представим ошибку экстраполяции состояния системы в виде

$$[\hat{\Omega}''(t)][\Theta(t - \tau(t, \Theta))] = f(t). \quad (1)$$

Компоненты интеллекта имеют различное запаздывание отображения (в частности, подсознательный компонент имеет запаздывание, которое можно считать равным нулю по сравнению с сознательным и надсознательным). Состояние системы можно представить в виде сум-

мы состояний подсистем:  $\Omega(t) = \sum_{i=1}^n \Omega_i(t)$ .

Отсюда

$$[\sum_{i=1}^n \hat{\Omega}''(t)][\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Theta_j(t - \tau_{jk}(t, \Theta_{jk}))] = f(t). \quad (2)$$

В этом дифференциальном уравнении с отклоняющимся аргументом коэффициентами являются оценки ускорений изменения состояний. Для модели интеллекта целесообразно взять в качестве коэффициентов ускорения изменения состояний самих состояний, а не их оценки. Тогда

$$\left[ \sum_{i=1}^n \Omega''(t) \right] \left[ \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Theta_j(t - \tau_{jk}(t, \Theta_{jk})) \right] = f(t). \quad (3)$$

Уравнение (3) есть упрощенная аддитивная модель интеллекта, пригодная для выполнения относительно простых функций.

Для более сложных функций более уместна нелинейная модель хотя бы такого вида:

$$\left[ \sum_{i=1}^n \Omega''(t) \right] \left\{ \left[ \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Theta_j(t - \tau_{jk}(t, \Theta_{jk})) \right] + \left[ \prod_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Theta_j(t - \tau_{jk}(t, \Theta_{jk})) \right] \right\} = f(t). \quad (4)$$

Уравнение (1) – нелинейное, с большим числом степеней свободы, с переменными коэффициентами и отклоняющимся аргументом. Его решение может содержать странные и направленные аттракторы. Явное выражение (4) может оказаться не таким сложным, как это кажется на первый взгляд. Пространство состояний  $\Omega(t)$ , а также функции  $\Omega'(t)$ ,  $\Omega''(t)$  – реальные ситуационные формы поведения и переходов. Более подробное описание интеллекта дает покомпонентная модель. Подсознательные образы локальны и взаимодействуют незначительно, поэтому можно задать модель в виде комплекса независимых отображений:

$$\begin{aligned} {}_{ij} \Omega_1''(t) \Theta_1(t - \tau_1) &= f_1(t), \\ \Omega_2''(t) \Theta_2(t - \tau_2) &= f_2(t), \\ &\dots\dots\dots \\ \Omega_n''(t) \Theta_n(t - \tau_n) &= f_n(t), \\ \Theta_i(t) &= \Psi_i(t) \text{ при } -T_i < t \leq 0. \end{aligned} \quad (5)$$

все запаздывания постоянны и малы [1].

Сознательные образы объединяются, могут частично пересекаться, отклонения переменны и зависят от состояний, поэтому

$$\begin{aligned} \left[ \sum_{i=1}^{n_1} \Omega_{1i}''(t) \right] \left[ \bigcup_{i=1}^{n_1} \Theta_{1i}(t - \tau_{1i}(\Omega_{1i})) \right] &= f_1(t), \\ \left[ \sum_{i=1}^{n_{k1}} \Omega_{ki}''(t) \right] \left[ \bigcup_{i=1}^{n_{k1}} \Theta_{ki}(t - \tau_{ki}(\Omega_{ki})) \right] &= f_k(t), \\ \Theta_{ji}(t) &= \Psi_{ji}(t), \\ \text{при } -T_{ji} < t \leq 0, j = \overline{1, k}. \end{aligned} \quad (6)$$



Поскольку объединение отображений – функция не аналитическая, решение возможно только посредством имитационного моделирования [2].

Надсознательные образы трудно интерпретируемы, все же их можно представить, хотя бы в некоторых случаях, в виде некоторых ассоциативных операторов:

$$T_k[\Omega_i''(t), \bigcup_{i=1}^n \Theta_{ij}(t - \tau_{ij}(t, \Theta_{ij}, \Omega_i))] = f_k,$$

$$\frac{d\tau_{ij}(t)}{dt} + \frac{d\tau_{ij}(\Theta)}{d\Theta} = a_{ij}(\Omega(t)), i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}, k = \overline{1, K}. \quad (7)$$

Предполагаются заданными предыстория системы и граничные условия для  $\tau_{ij}$ . Содержание операторов  $T_k$  исследуется на тестовых ситуациях. Рассмотренная модель не адекватна процессу мышления, полная модель которого непредставима в принципе.

Интеллект, как и любая сложная система, динамичен, даже в упрощенном варианте модели  $\Theta$  развивается тем быстрее, чем интенсивнее внешнее воздействие  $f$ . Процесс исследования интеллекта – то же воздействие, которое вносит изменение в объект и субъект исследования. В результате отклонения аргумента процесс познания (или самопознания) интеллекта вне конкретной ситуационной активности становится циклическим рециркуляционным процессом с запаздыванием, который не может быть завершен в конечное время.

Приведенные модели могут быть использованы при разработке эргатических систем, в которых функции операторов строго ограничены. В таких системах  $\Omega(t)$  – ограниченное либо конечное множество (во втором случае дифференцированные уравнения заменяются разностными), величины  $\Theta^*$ ,  $\Theta'$  – фиксированы, а функция имеет явный вид. Практические аспекты использования моделей интеллекта весьма широки – от исследования доктрин до определения технологических функций. Один из вариантов определения коэффициентов модели – эксперимент с «таинственным ящиком».

Групповой и общественный интеллект представим упрощенной моделью типа (7). Поскольку тенденции общественного интеллекта в полном объеме не самоосознаются, моделированию поддаются только частные аспекты групповой и общественной деятельности; главным образом в сфере производства, где эта деятельность материализуется и может быть формализована.

Модель бессознательных (безусловнорефлекторных) функций может быть представлена гомеоморфизмом  $\Omega_r \leftrightarrow F_r$ , где  $\Omega_r = \{\Omega_{ri}\}$  – фиксированное в бессознании множество реакций,  $F_r = \{f_{ri}\}$  – стимулы,

хранящиеся в сознательной памяти. Времена  $\tau_{ri}$  запаздывания реакций и скорости  $\Omega'_r$  перехода в новое состояние фиксированы.

Волевой фактор состоит в закреплении перспективного состояния  $\Omega(t_3)$  и отсечении всех путей изменений состояний, которые не ведут к перспективному или не удовлетворяют некоторым критериям перехода.

Подсознание может быть сформировано у роботов, а тем более – у групп роботов, ориентированных на коллективную деятельность. Пожалуй, можно говорить и о «сознании» коллектива роботов, конечно, в том узкоспециальном смысле, как это определено моделью.

Одно из достоинств модели состоит в том, что она не связана с формами поведения и мышления, поэтому она пригодна для описания эргатических систем.

Итак, в состав эргатических систем входят: человек, усилитель его рецепторов, усилитель его эффекторов, усилитель его мышления. Этот состав компонент определил и функции человека: созидательную, направляющую, обучающую.

Теперь можно перейти к рассмотрению распределения функций в эргатических системах. В сложных технических системах процессы протекают со скоростью, на несколько порядков превышающей скорость мышления. Возникает проблема передачи возможно большего числа функций техническими средствами – проблема автоматизации.

Проблема содержит внутреннее противоречие: предполагается передать вычислительным машинам максимум функций, но кому поручить задачу отбора этих функций? Передача функции требует ее осмысления, оценки содержания и возможности выполнения, это работа, которая в зависимости от конкретных условий может быть как творческой, так и технологической. Если ее поручить людям – где гарантия, что процесс отбора не превратится в обременительную, притом вполне формальную функцию, если машинам – как избежать стандартного подхода и связанных с ним ошибок [3].

Можно сформулировать три системотехнических принципа автоматизации:

ЭВМ обеспечивает информацией и вычислениями лицо, принимающее решение, и управляет реализацией интеллектуально-волевых решений в сложных ситуациях.

ЭВМ вырабатывает и реализует решения в простых ситуациях, если это не противоречит первому принципу.

ЭВМ контролирует решения должностных лиц и в случае явной ошибочности блокирует их, если это не противоречит первому и второму принципам.

Первый принцип определяет роль и место лица, принимающего решение и несущего полную ответственность за последствия любых решений; ЭВМ выполняет при этом функции вычисления, обеспечения информационно-справочными данными и общения должностных лиц. Второй принцип требует от ЭВМ выполнения всех функций управления, вплоть до подготовки решений в типовых ситуациях, анализ которых не требует человеческого интеллекта. Третий принцип связан с необходимостью устранения субъективизма, эмоциональности; грубых просчетов, возможных в человеческой деятельности, особенно в экстремальных условиях.

#### *Список использованных источников*

1. Козелецкий, Ю. Психологическая теория решений / Ю. Козелецкий. – М. : Прогресс, 1979. – С. 503.
2. Горский, Ю. М. Гомеостатика: гармония в игре противоречий / Ю. М. Горский. – Иркутск : Изд-во Репроцентр, 2008. – С. 34 – 36.
3. Гаврилов, А. В. Гибридные интеллектуальные системы / А. В. Гаврилов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2003. – С. 68 – 70.

#### *References*

1. Kozeletsky, Yu. Psychological Theory of Decisions / Yu. Kozeletsky. – M. : Progress Publishing House, 1979. – P. 503.
2. Gorsky, Yu. M. Homeostasis: Harmony in the Play of Contradictions / Yu. M. Gorsky. – Irkutsk : Reprocenter Publishing House, 2008. – P. 34 – 36.
3. Gavrilov, A. V. Hybrid Intelligent Systems / A. V. Gavrilov. – Novosibirsk : NSTU Publishing House, 2003. – P. 68 – 70.

**М. А. Ивановский, И. А. Дьяков, И. А. Глазкова**  
(Кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: inga.glazkova99@mail.ru)

## **АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТРУКТУР ПОЛИЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

*Аннотация.* В статье применительно к полиэргатической системе управления рассмотрены компоненты интеллекта операторов полиэргатических систем управления, приведены основные системотехнические принципы автоматизации деятельности операторов.

*Ключевые слова:* компоненты интеллекта, полиэргатическая система, пространство состояний, временные функции операторской деятельности, системотехнические принципы.

**M. A. Ivanovsky, I. A. Dyakov, I. A. Glazkova**  
(Department of Information Systems and Information Security,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **ANALYSIS OF THE VARIANTS OF REPRESENTATION OF THE STRUCTURES OF THE POLYERGATIC SYSTEM**

*Abstract.* The article examines the components of intelligence of operators of polyergatic control systems in relation to a polyergatic control system, and presents the basic system engineering principles of automation of operator activities.

*Keywords:* components of intelligence, polyergatic system, state space, time functions of operator activity, system engineering principles.

Концептуальная модель структуры  $S_{\Sigma}^1$ , заданная кортежем  $St_0^1 = \langle (E\mu(C)) \rangle$  путем замены нижнего индекса « $\Sigma$ » на «0», указывает на базовое представление структуры  $St_0^1$ . В зависимости от степени однородности, модель расщепляется на девять вариантов.

$St_{11}^1$ . В формировании структуры  $St_{11}^1$  участвуют абсолютно однородная совокупность компонент и абсолютно однородная совокупность связей. В результате образуется абсолютно однородная структура

$$St_{11}^1 = \langle [\#(E_v^r, E_1) = N_r] \mu(C_q^l, C_1) = Q_l \rangle. \quad (1)$$

$St_{12}^1$ . В формировании структуры  $St_{12}^1$  участвуют абсолютно однородная совокупность компонент и абсолютно неоднородная совокупность связей. В результате взаимодействия двух таких совокупностей образуется структура  $St_{12}^1$ , абсолютно однородная по компонентам и абсолютно неоднородная по связям:

$$St_{12}^1 = \left\langle [\#(E_v^r, E_1) = N_r] \mu[(C_q^\ell, C_2) = 1] \right\rangle. \quad (2)$$

$St_{13}^1$ . В формировании структуры  $St_{13}^1$  участвуют абсолютно однородная совокупность компонент и смешанная совокупность связей. Взаимодействие двух указанных совокупностей порождает структуру  $St_{13}^1$ , абсолютно однородную по компонентному составу и смешанную (однородно-неоднородную) по связям:

$$St_{13}^1 = \left\langle [\#(E_v^r, E_1) = N_r] \mu[(C_q^\ell, C_3) = Q_\ell] \right\rangle. \quad (3)$$

$St_{22}^1$ . В формировании структуры  $St_{22}^1$  участвуют абсолютно неоднородная совокупность компонент и абсолютно неоднородная совокупность связей. Результатом является порождение абсолютно неоднородной структуры  $St_{22}^1$ :

$$St_{12}^1 = \left\langle [\#(E_v^r, E_1) = 1] \mu[(C_q^\ell, C_2) = 1] \right\rangle. \quad (4)$$

$St_{21}^1$ . В формировании структуры  $St_{21}^1$  участвуют абсолютно неоднородная совокупность компонент и абсолютно однородная совокупность связей. В результате образуется однородно-неоднородная структура

$$St_{13}^1 = \left\langle [\#(E_v^r, E_1) = 1] \mu[(C_q^\ell, C_1) = Q_\ell] \right\rangle. \quad (5)$$

$St_{23}^1$ . В формировании структуры  $St_{23}^1$  участвуют абсолютно неоднородная совокупность компонент и смешанная (однородно-неоднородная) совокупность связей:

$$St_{23}^I = \left\langle [\#o(\xi_v^r, E_2) = 1] \mu[1 \leq \#(C_q^p, C_3) \leq Q_p] \right\rangle. \quad (6)$$

$St_{33}^I$ . В формировании структуры  $St_{33}^I$  принимают участие смешанная совокупность компонент и смешанная совокупность связей:

$$St_{33}^I = \left\langle [1 \leq \#(\xi_v^r, E_3) \leq N_r] \mu[1 \leq \#(C_q^p, C_3) \leq Q_p] \right\rangle. \quad (7)$$

$St_{31}^I$ . В формировании структуры  $St_{31}^I$  участвуют смешанная совокупность компонент и абсолютно однородная совокупность связей. Образующаяся в результате структура  $St_{31}^I$  представляется записью

$$St_{31}^I = \left\langle [1 \leq \#(\xi_v^I, E_3) \leq N_r] \mu [1 \leq \#(C_q^p, C_3) \leq Q_p] \right\rangle. \quad (8)$$

$St_{32}^I$ . В формировании структуры  $St_{32}^I$  участвуют совокупности компонент и связей. Порождаемая при участии указанных совокупностей структура представляется записью вида

$$St_{32}^I = \left\langle [1 \leq \#(\xi_v^I, E_3) \leq N_r] \mu [1 \leq \#(C_q^p, C_2) = 1] \right\rangle. \quad (9)$$

Второй базовый уровень представления концептуальных метамоделей структур  $St_0^{II}$  формируется за счет включения в рассмотрение такого морфологического фактора, как конфигурация  $\Psi$ . На уровне НПС конкретизируется как пространственная, так и логическая организация структуры.

Иными словами, на уровне непараметрической статики определяются принципы соединения компонент  $\xi_v \in E \forall v = 1, \overline{N_E}$  в целостную структуру  $St_0^{II}$ . Форма сети связей между компонентами  $\xi_v \in E$  определяется базовым типом конфигурации  $\psi_\lambda \subset \psi(\lambda = \overline{1, \wedge})$ . Таким образом, концептуальная модель структуры  $St_0^{II}$  уровня НПС задается тройкой

$$St_0^{II} = \langle E, C, \psi \rangle. \quad (10)$$

Варианты реализации структур  $St_0^{II}$  уровня НПС определяются типами конфигураций  $\psi_\lambda(\lambda = \overline{1, \wedge})$  и комбинациями этих типов в рамках одной структуры. В первом случае имеют место моноконфигурационные структуры  $St_0^{II}$ , а во втором – поликонфигурационные. Полная парадигма структур  $St_0^{II}$  уровня НПС, отражающая номенклатуру возможных реализаций, рассмотрена в работах. Концептуальную модель моноконфигурационной структуры  $St_0^{II}$  в формальном виде зададим операторным выражением

$$St_\lambda^{II} = \psi_\lambda(E, C), \forall \lambda = \overline{1, \wedge}, \quad (11)$$

где  $\psi_\lambda$  – оператор моноконфигурационной структуры.

Для поликонфигурационной структуры концептуальная модель представляется операторным выражением

$$St_{\lambda}^{II} = \psi_{\lambda}^*(E, C, \psi_{\lambda}), \quad (12)$$

где  $\psi_{\lambda}^*$  – оператор поликонфигурационной структуры  $St_{\lambda}^{II} \forall \lambda = \overline{1, \wedge}$ , связывающий неоднородные по типам конфигураций моноконфигурационные структуры в единое целое.

#### ***Список использованных источников***

1. Нечаев, В. В. Многоуровневое представление концептуальных моделей структур в базах знаний / В. В. Нечаев // Управление в гибких производственных системах и робототехнических комплексах. – М. : Изд-во МИРЭА, 1988. – С. 374.
2. Нечаев, В. В. Классификация задач синтеза структур в системах эволюционного моделирования / В. В. Нечаев // Перспективы развития вычислительных систем. – Рига : Изд-во РПИ, 1985. – С. 133 – 138.

#### ***References***

1. Nechaev, V. V. Multilevel representation of conceptual models of structures in knowledge bases / V. V. Nechaev // Management in flexible production systems and robotic complexes. – M. : MIREA Publishing House, 1988. – P. 374.
2. Nechaev, V. V. Classification of problems of synthesis of structures in systems of evolutionary modeling / V. V. Nechaev // Prospects of development of computing systems. – Riga : RPI Publishing House, 1985. – P. 133 – 138.

**М. А. Ивановский, И. А. Дьяков, И. А. Глазкова**  
(Кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: inga.glazkova99@mail.ru)

## **КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУР СИСТЕМЫ**

*Аннотация.* Рассмотрено концептуальное представление структуры полиэргатической системы, при том приведены ее морфологические свойства. Такое теоретико-системное описание позволяет формировать рациональную структуру полиэргатической системы.

*Ключевые слова:* сложная система, полиэргатическая система, морфологические свойства, формирование структуры.

**M. A. Ivanovsky, I. A. Dyakov, I. Glazkova**  
(Department of Information Systems and Information Security,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **CONCEPTUAL REPRESENTATION OF SYSTEM STRUCTURES**

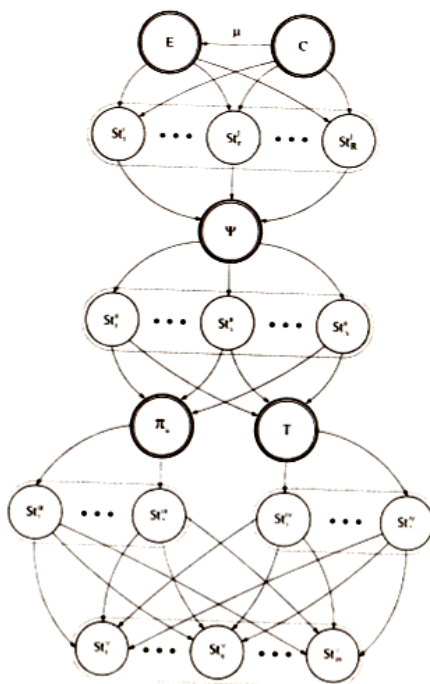
*Abstract.* The article considers the conceptual representation of the structure of a polyergatic system, and presents its morphological properties. Such a theoretical-systemic description allows us to form a rational structure of a polyergatic system.

*Keywords:* complex system, polyergatic system, morphological properties, formation of structure.

Описание морфологических свойств сложных систем  $\Sigma^0$ , например в форме морфологической системы  $\Sigma_\mu^0$ , приводит к структуре  $S_{t_\Sigma}$ . Структура вытекает из морфологического описания. Анализ понятия «структура» и сопоставление результатов такого анализа с существом морфологического описания дает возможность введения многоуровневого подхода и ранжирования конструктивных определений понятий «структура» по шкале «абстрактное–конкретное». Такую шкалу построим на основе стратифицированного анализа и описания морфологической системы  $\Sigma_\mu^0$ , представленной кортежем. В качестве базовых выделим пять уровней организации структур  $S_{t_\Sigma}$ : теоретико-системный, непараметрической статики, непараметрической динамики, параметрической статики, параметрической динамики.



Структуры  $S_{I_\Sigma}$  и их модели  $M_\mu$  соответствующих уровней организации при межуровневых сопоставлениях вступают между собой в метамодельные отношения. Иными словами, при стратифицированном представлении морфологической системы  $\Sigma_\mu^0$  порождаются прямая (сверху вниз) и обратная (снизу вверх) концептуальные метамодельные иерархии (КММ-иерархии). Такие иерархии выступают в качестве моделей соответствующих технологий анализа, синтеза и моделирования структур (рис. 1).



**Рис. 1. Стратифицированное многоуровневое представление КММ-структур**

На теоретико-системном уровне (ТСУ) концептуальная модель (КМ) структуры  $S_{I_\Sigma}^1$  системы  $\Sigma^0$  (верхний индекс идентифицирует уровень абстракции ТСУ) отражает только факт существования двух взаимосвязанных наборов: конечного набора (универсума) компонент  $E(E_V, v = \overline{1, N_E})$  системы  $\Sigma^0$  и конечного набора (комплекта) связей

$C(C_q, q = \overline{1, Q_C})$ , обеспечивающего морфологическую целостность системы  $\Sigma^0$ . Взаимосвязь двух комплектов – совокупности  $E$  и совокупности  $C$  определим как эпиморфное отображение вида

$$S_{\Sigma}^1 = \text{Mor}_{\mu}: \{C \rightarrow E\}, \quad (1)$$

где  $\mu$  – эпиморфное отображение (эпиморфизм), указывающее на факт существования отображения комплекта  $\#(C_q, C)$  связей  $C_q \in C \forall q = \overline{1, Q_C}$  на комплект  $\#(E_v, E)$  компонент  $E_v \in E \forall v = \overline{1, N_E}$  и формирование структуры  $S_{\Sigma}^1$  ТСУ, но не указывает как это отображение, а как следствие, и  $S_{\Sigma}^1$  реализуется.

Таким образом, концептуальная модель структуры  $S_{\Sigma}^1$  ТСУ задается кортежем

$$St_0^1 = \langle (E)\mu(C) \rangle. \quad (2)$$

Замена нижнего индекса « $\Sigma$ » на « $0$ » указывает на базовое представление структуры  $St_0^1$ .

Учет в модели (2) фактора неоднородности компонент  $E$  и связей  $C$ , соответственно, порождает семейство моделей (2). В зависимости от степени однородности, модель (2) расщепляется на девять вариантов [1].

Вариант  $St_{11}^1$ . В формировании структуры  $St_{11}^1$  участвуют абсолютно однородная совокупность компонент (3) и абсолютно однородная совокупность связей. В результате образуется абсолютно однородная структура

$$St_{11}^1 = \langle [\#(E_v^r, E_1) = N_r] \mu[(C_q^{\ell}, C_1) = Q_{\ell}] \rangle. \quad (3)$$

Вариант  $St_{12}^1$ . В формировании структуры  $St_{12}^1$  участвуют абсолютно однородная совокупность компонент (3) и абсолютно неоднородная совокупность связей. В результате взаимодействия двух таких совокупностей образуется структура  $St_{12}^1$ , абсолютно однородная по компонентам и абсолютно неоднородная по связям:

$$St_{12}^1 = \langle [\#(E_v^r, E_1) = N_r] \mu[(C_q^{\ell}, C_2) = 1] \rangle. \quad (4)$$

Вариант  $St_{13}^1$ . В формировании структуры  $St_{13}^1$  участвуют абсолютно однородная совокупность компонент (3) и смешанная совокупность связей. Взаимодействие двух указанных совокупностей порождает структуру  $St_{13}^1$ , абсолютно однородную по компонентному составу и смешанную (однородно-неоднородную) по связям:

$$St_{13}^1 = \left\langle [\#(E_v^r, E_1) = N_r] \mu[(C_q^l, C_3) = Q_l] \right\rangle. \quad (5)$$

Вариант  $St_{12}^1$ . В формировании структуры  $St_{12}^1$  участвуют абсолютно неоднородная совокупность компонент (6) и абсолютно неоднородная совокупность связей. Результатом взаимодействия включенных в рассмотрение двух совокупностей является порождение абсолютно неоднородной структуры

$$St_{12}^1 = \left\langle [\#(E_v^r, E_1) = 1] \mu[(C_q^l, C_2) = 1] \right\rangle. \quad (6)$$

Вариант  $St_{21}^1$ . В формировании структуры  $St_{21}^1$  участвуют абсолютно неоднородная совокупность компонент (4) и абсолютно однородная совокупность связей (6). В результате образуется однородно-неоднородная структура

$$St_{13}^1 = \left\langle [\#(E_v^r, E_1) = 1] \mu[(C_q^l, C_1) = Q_l] \right\rangle. \quad (7)$$

Вариант  $St_{23}^1$ . В формировании структуры  $St_{23}^1$  участвуют абсолютно неоднородная совокупность компонент (7) и смешанная (однородно-неоднородная) совокупность связей. Порождаемая структура имеет неоднородно-смешанный характер и представляется записью

$$St_{23}^1 = \left\langle \#(\xi_v^r, E_2) = 1 \right] \mu[1 \leq \#(C_q^p, C_3) \leq Q_p] \right\rangle. \quad (8)$$

Вариант  $St_{33}^I$ . В формировании структуры  $St_{33}^I$  принимают участие смешанная совокупность компонент (5) и смешанная совокупность связей (8). Порождаемая структура  $St_{33}^I$  определится как смешанная по компонентам и связям, иначе – неоднородная структура, представляемая выражением вида [2]

$$St_{33}^I = \left\langle 1 \leq \#(\xi_v^r, E_3) \leq N_r \right] \mu[1 \leq \#(C_q^p, C_3) \leq Q_p] \right\rangle. \quad (9)$$

Вариант  $St_{31}^I$ . В формировании структуры  $St_{31}^I$  участвуют смешанная совокупность компонент (5) и абсолютно однородная совокупность связей (6). Образующаяся в результате структура  $St_{31}^I$  представляется записью

$$St_{31}^I = \left\langle 1 \leq \#(\xi_v^r, E_3) \leq N_r, \mu[\#(C_q^p, C_1) \leq Q_p, 1] \right\rangle. \quad (10)$$

Вариант  $St_{32}^I$ . В формировании структуры  $St_{32}^I$  участвуют совокупности компонент (5) и связей (7). Порождаемая при участии указанных совокупностей структура представляется записью вида

$$St_{32}^I = \left\langle 1 \leq \#(\xi_v^r, E_3) \leq N_r, \mu[\#(C_q^p, C_2) = 1] \right\rangle. \quad (11)$$

Представленные структуры теоретико-системного уровня выступают в качестве основы для интерпретации (конкретизации) на последующих уровнях.

#### ***Список использованных источников***

1. Нечаев, В. В. Многоуровневое представление концептуальных моделей структур в базах знаний / В. В. Нечаев // Управление в гибких производственных системах и робототехнических комплексах. – М. : Изд-во МИРЭА, 1988. – С. 374.
2. Нечаев, В. В. Классификация задач синтеза структур в системах эволюционного моделирования / В. В. Нечаев // Перспективы развития вычислительных систем. – Рига : Изд-во РПИ, 1985. – С. 133 – 138.

#### ***References***

1. Nechaev, V. V. Multilevel representation of conceptual models of structures in knowledge bases / V. V. Nechaev // Management in flexible production systems and robotic complexes. – M. : MIREA Publishing House, 1988. – P. 374.
2. Nechaev, V. V. Classification of problems of synthesis of structures in systems of evolutionary modeling / V. V. Nechaev // Prospects of development of computing systems. – Riga : RPI Publishing House, 1985. – P. 133 – 138.

**М. А. Ивановский, И. А. Дьяков, И. А. Глазкова**  
(Кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: inga.glazkova99@mail.ru)

## **МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КОНФИГУРАЦИИ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЗАДАЧ ПОЛИЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

*Аннотация.* Рассмотрен вопрос определения рациональной конфигурации аппаратных средств для полиэргатической системы управления. При этом учтено дерево целей системы и процесс ее функционирования на множестве пространств состояний.

*Ключевые слова:* аппаратные средства, полиэргатическая система, пространство входов, выходов, состояний, системная математическая модель, множество узлов.

**M. A. Ivanovsky, I. A. Dyakov, I. A. Glazkova**  
(Department of Information Systems and Information Security,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **MODEL OF HARDWARE CONFIGURATION FORMATION FOR POLYERGATIC SYSTEM TASKS**

*Abstract.* The article considers the issue of determining a rational configuration of hardware for a polyergatic control system. In this case, the tree of system goals and the process of its functioning on a set of state spaces are taken into account.

*Keywords:* hardware, polyergatic system, space of inputs, outputs, states, system mathematical model, set of nodes.

Выполнение любой задачи обеспечивается таким набором аппаратных средств из состава системы и описываемым деревом  $D^S$  аппаратной реализации, который обеспечивает необходимое информационное взаимодействие в рамках морфологии рассматриваемой задачи. Поэтому необходимо осуществить сопоставление пространств ее информационных входов и выходов с пространствами физических входов и выходов аппаратных средств.

Представим морфологию произвольного аппаратного средства в виде двух компонентов описания – информационного и технического:

$$\Omega^S = \langle \Omega^{S^I}, \Omega^{S^T} \rangle, X^S = \langle X^{S^I}, X^{S^T} \rangle, Y^{S^I} = \langle Y^{S^I}, Y^{S^T} \rangle. \quad (1)$$

Под техническими компонентами описания  $X^{S^T}$  и  $Y^{S^T}$  здесь будем понимать физически реализованные входы и выходы аппаратного средства, а под информационными компонентами  $X^{S^I}$  и  $Y^{S^I}$  – совокупности данных, протекающих через физически реализованные входы и выходы аппаратного средства в процессе его функционирования по назначению.

Процедура разбиения морфологического описания аппаратного средства на информационные и технические компоненты может быть представлена соотношениями

$$\begin{aligned} \mu_x^{S-I} : X^S \rightarrow X^{S^I}; \quad \mu_x^{S-T} : X^S \rightarrow X^{S^T}; \\ \mu_y^{S-I} : Y^S \rightarrow Y^{S^I}; \quad \mu_y^{S-T} : Y^S \rightarrow Y^{S^T}. \end{aligned} \quad (2)$$

Выражения (2) позволяют выполнить сопоставление пространств информационных входов и выходов с пространствами физических входов и выходов аппаратных средств, которое можно записать отображениями

$$\mu_x^{I-T} : X^{S^I} \rightarrow X^{S^T}; \quad \mu_y^{I-T} : Y^{S^I} \rightarrow Y^{S^T}. \quad (3)$$

Совокупность отображений вида (2) и (3) представим кортежем

$$\mu = \langle \mu_x, \mu_y \rangle, \quad (4)$$

где

$$\mu_x = \langle \mu_x^{S-I}, \mu_x^{S-T}, \mu_x^{I-T} \rangle; \mu_y = \langle \mu_y^{S-I}, \mu_y^{S-T}, \mu_y^{I-T} \rangle. \quad (5)$$

Тогда системная математическая модель аппаратной реализации АСУ может быть записана в следующем расширенном виде:

$$M^S = \langle D, \Omega, \mu \rangle, \quad (6)$$

где  $\mu$  – есть семейство отображений (5), описывающее информационно-техническое представление компонентов описания аппаратных средств.

Представление системной математической модели аппаратной реализации АСУ в расширенном виде позволяет сформулировать следующую задачу формирования требуемой конфигурации аппаратных средств.

Пусть задана некоторая оцениваемая задача  $Z_l \in D^Z$ , где здесь и далее нижним индексом  $l = il, \dots, iu^z, \dots, il$  обозначим ее место в общей иерархии задач.

Необходимо найти такой узел  $R_l$  дерева  $D^S$  аппаратной реализации, у которого состав информационных компонентов описания  $X_l^{R^l}$  и  $Y_l^{R^l}$  будет минимальным и не меньшим, чем требуется для

$$\forall (Z_l \in D^Z) \exists (R_l = S_k \in D^S, k = jl, \dots, ju^s \dots jl). \quad (7)$$

Поскольку таких узлов может быть несколько, то представляется целесообразным выбирать тот из них, который находится на уровне декомпозиции с максимальным значением номера  $u^s$ , так как при этом он имеет минимальную структурную мощность.

Поиск требуемого узла дерева аппаратной реализации целесообразно начать с корня дерева. Далее для каждого узла дерева  $D^S$ , который удовлетворяет условию (6), – такой узел назовем неконцевым (в противном случае – концевым), необходимо осуществить следующие действия:

- выполнить формирование компонентов информационного и технического описания подчиненных узлов в соответствии с соотношениями (1) – (6);

- осуществить разделение множества подчиненных узлов на подмножества конечных и неконцевых узлов, согласно условию (6);

- для неконцевых узлов провести дальнейшее разделение множества их подчиненных узлов на подмножества конечных и неконцевых узлов;

- из множества конечных узлов выбрать такой, который находится на уровне декомпозиции с максимальным значением его номера.

Пример, иллюстрирующий процесс получения требуемого узла  $R^l$  дерева  $D^S$ , представлен на рис. 1, где  $S_a = S_{ju^s}$ ,

$$S_b = S_{ju^s, j(u^s + 1)_{ju^s}}, S_b = S_{ju^s, j(u^s + 1)_{ju^s}}.$$

Описанная совокупность действий сокращенно может быть записана в виде процедуры

$$\beta: \langle Z_l, \Omega_l^Z, D^S, \Omega^{S^l} \rangle \rightarrow R_l \subseteq M^S, \quad (8)$$

описывающей процесс формирования требуемой конфигурации АСУ, обеспечивающей выполнение оцениваемой задачи  $Z_l$ , путем сопоставления пространств информационных входов и выходов рассматриваемой задачи и аппаратных средств из состава системы.

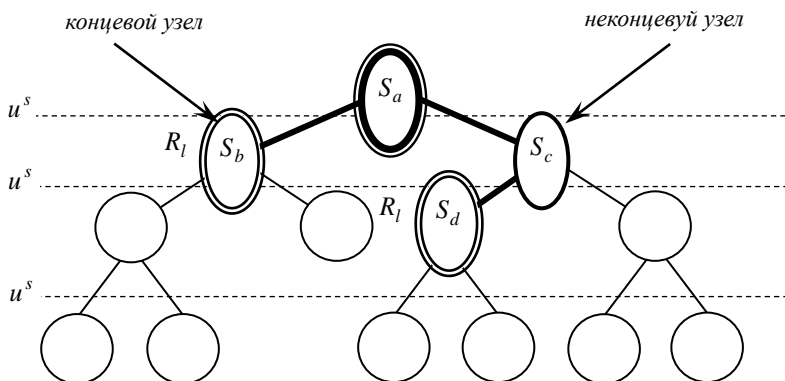


Рис. 1. Пример получения требуемого узла

В результате применения процедуры вида (7) ко всем узлам дерева  $D^Z$  задач можно получить полный набор конфигураций АСУ, требуемый для оценивания всего перечня задач, решаемых системой. Этот набор целесообразно представить как совокупность структурной модели  $D^R$  аппаратных средств АСУ, реализующих решение соответствующих задач (дерево конфигураций), и модели  $\Omega^R$ , описывающей морфологию внутреннего строения узлов дерева  $D^R$ . Такую совокупность обозначим через  $M^R$  и запишем в виде кортежа соответствующих моделей

$$M^R = \langle D^R, \Omega^R \rangle. \quad (9)$$

#### Список использованных источников

1. Алтунин, А. Е. Применение теории нечеткости для оценивания технологических параметров в АСУ ВПО «Тюменгазпром» / А. Е. Алтунин, С. Н. Чуклеев, М. В. Семухин // Труды ЗапсибНИГНИ: Проблемы нефти и газа Тюмени. – Тюмень, 1983. – Вып. 58. – С. 57 – 59.
2. Вагин, В. В. Интеллектуальный модуль определения изображений деструктивной направленности / В. В. Вагин, В. В. Алексеев, Е. Н. Емельянов ;



под ред. А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XX Междунар. науч.-метод. конф. (Воронеж, 13–14 февраля 2020 г.). – Воронеж, 2020. – С. 363 – 367.

### ***References***

1. Altunin, A. E. Application of fuzziness theory for estimating process parameters in the automated control system of the Tyumengazprom High-Performance Industrial Complex / A. E. Altunin, S. N. Chukleyev, M. V. Semukhin // Proceedings of ZapsibNIGNI: Problems of oil and gas of Tyumen. – Tyumen, 1983. – Is. 58. – P. 57 – 59.

2. Vagin, V. V. Intelligent module for determining images of destructive orientation / V. V. Vagin, V. V. Alekseev, E. N. Emelianov ; edited by A. A. Zatsarinny, D. N. Borisov // Computer science: problems, methods, technologies : materials of the XX Int. scientific-method. conf. (Voronezh, February 13–14, 2020). – Voronezh, 2020. – P. 363 – 367.

**М. А. Ивановский, И. А. Дьяков, И. А. Глазкова**  
(Кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: inga.glazkova99@mail.ru)

## **ПРЕДЕЛЬНОЕ ЦЕЛЕВОЕ КАЧЕСТВО ПОЛИЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ГОМЕОСТАЗА**

*Аннотация.* Рассмотрено предельное целевое качество полиэргатической системы управления. Полиэргатическая система представлена в форме динамической системы, где рассмотрены процессы обмена информацией, гомеостаз.

*Ключевые слова:* полиэргатическая система управления, модель гомеостаза, процессы обмена информацией, динамико-алгебраические связи.

**M. A. Ivanovsky, I. A. Dyakov, I. A. Glazkova**  
(Department of Information Systems and Information Security,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **ULTIMATE TARGET QUALITY OF A POLYERGATIC SYSTEM BASED ON A GENERALIZED MODEL OF HOMEOSTASIS**

*Abstract.* The article examines the ultimate target quality of a polyergatic control system. Here, the polyergatic system is presented in the form of a dynamic system, where the processes of information exchange, homeostasis are considered.

*Keywords:* polyergatic control system, homeostasis model, information exchange processes, dynamic-algebraic connections.

Общий характер целей управления в подсистеме предельного целевого качества, связанных с самосохранением, формируется следующим образом: цель первого порядка – обеспечение собственно функционирования ИТС; цель второго порядка – поддержание гомеостаза (постоянство внутренних условий) и обеспечение стабильного хода основных процессов; цель третьего порядка – обеспечение обобщенных функций гомеостаза для реализации предельного целевого качества на основе целевых признаков при выполнении двух предыдущих целей [1].

Каждая из категорий может быть достаточно полно описана системой оттоков-притоков «веществ» и энергий с пятью векторными компартаментами  $x_{ic}, x_{icp}, i = \overline{1,5}$  системы и среды соответственно:

$x_{1c}, x_{1cp}$  – ресурсные процессы;  $x_{2c}, x_{2cp}$  – вектора состояний динамических объектов;  $x_{3c}, x_{3cp}$  – информационные процессы притока и оттока информации;  $x_{4c}, x_{4cp}$  – энергетические процессы;  $x_{5c}, x_{5cp}$  – «целевые» процессы (обновление и реализация целевых признаков в реальном времени).

В общем случае описание собственного состояния или окружающей среды формируется на основе этой системы, в соответствии с которой сумма размерностей, например, векторных компарментов системы  $x_{ij}, i = \overline{1,4}, \sum \dim x_{ij} = n_j, j \in (c, cp)$ .

Ресурсные процессы связаны с динамикой ресурсов по режимам  $W(t)$ , управлению  $U(t)$ , энергии  $Y(t)$ , возмущениям среды  $V(t)$  и т.п., где  $w \in W(t); u \in U(t); Y(t) = \sum y_i; v \in V(t)$ .

При этом динамические процессы убывания и накопления ресурсов описываются в векторно-матричной форме.

Энергетические процессы в простейшем случае описываются системой

$$x_{4i} = w_{4i}(t) + y_{4i}(t) + f_{4i}(\cdot), \quad (1)$$

где  $w_j(t)$  – темп расхода энергии;  $y_j(t)$  – энергетический поток;  $f_j(\cdot)$  – межкомпарментные функциональные связи. В общем случае имеет место описание энергетических процессов в системе и среде со взаимосвязями.

Каждая реакция характеризуется составом управляющих сил. Состав реакции определяется  $\Lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_m), \lambda_i \in [0, 1]$ . Сама реакция описывается набором

$$u^\tau = [\lambda_1 u_1, \lambda_2 u_2, \dots, \lambda_m u_m] \quad (2)$$

на интервале  $t \in [t_0, t_0 + \tau]$ , где  $\tau$  – продолжительность реакции.

Суть использования синергических реакций управления состоит в том, чтобы при проведении коррекции  $j$ -го процесса не происходило нарушения других процессов (возмущения по координате  $x_i$  должны лежать в допустимых пределах). Последнее условие можно сформулировать так:

$$\max_{(t_0, t_0 + \lambda + v_k)} |\Delta^{x_i}| \gg \max_{(t_0, t_0 + \lambda + v_k)} |\Delta^{x_i}|, i \neq k, \quad (3)$$

где  $v_k$  – время последствия коррекции по  $k$ -му каналу. Реализация реакции содержит три этапа: вход в реакцию, формирование к моменту  $t_0$  вектора  $u^\tau = [\lambda_1 u_1, \lambda_2 u_2, \dots, \lambda_m u_m]$ , т.е. выбор амплитуды, состава и задания  $x_i(t_0)$ ; выполнение реализации, т.е. реализация процесса управления на интервале  $t \in [t_0, t_0 + \tau]$ ; выход из реакции, т.е. «дезинициация» управления и возвращение системы в должный режим.

Примерами показателей эффективности для системы и среды могут быть:

- по допустимой чувствительности:

$$J_{1c} = \left( \frac{\Delta x_j}{\Delta v_j} - c_{ij} \right)^2 = J_{1cp} \rightarrow \min_{u,m} J_{1cp}; \left( \min_v J_{1cp} \text{ при } \frac{\Delta x_j}{\Delta v_j} > c \right); \quad (4)$$

- по синергическому качеству исполнения управления:

$$J_{2c} = \frac{\sum_{i,i \neq j \in [t_0, t_0 + \tau + v_j]} \max |\Delta x_i|}{\max_{[t_0, t_0 + \tau + v_j]} |\Delta x_i|} = -J_{2cp} \rightarrow \min_v J_{1cp}; \min_v J_{2cp}. \quad (5)$$

Показатели энергетических расходов системы и среды могут иметь вид:

$$J_{3c} = \int_{t_0}^T \Delta w_{ic}^2 dt \rightarrow \min_{u,w} J_{3c}; J_{3cp} = \int_t^T \sum_i \Delta_i^2 dt \rightarrow \min_v J_{3cp}, \quad (6)$$

где  $\Delta v_i = v_i - v_{i0}$ ,  $\Delta w_{ij} = w_{ij} - w_{ij0}$ .

Простейший процесс ввода и вывода показателей при текущей оптимизации может быть обеспечен следующим образом. Формируем показатель:

$$J_{ИТС} = \sum_i \alpha_i(t') J_{ic}, \quad \sum_i \alpha_i(t') = 1, \quad 0 \leq \alpha_i(t') \leq 1;$$

$$J_{cp} = \sum_i \beta_i(t') J_{icp}, \quad \sum_i \beta_i(t') = 1, \quad 0 \leq \beta_i(t') \leq 1; \quad (7)$$

где  $\alpha_i, \beta_i$  – постоянные величины на «программном» такте ПКЗУ  $t' \leq t \leq T$ .

Производные по времени позволяют сформировать динамику целевых компартов ИТС и среды [2].

В качестве основного описания ситуации (ММС) принимается система динамико-алгебраических связей

$$\begin{cases} \dot{x}^d = f(t, x, q, u_1, \dots, u_N), x(t_0) = x_0; & a \\ x^a = \varphi(t, x, q, u_1, \dots, u_N), x \in X; & \bar{b} \\ y = y(x, q, t), q \in Q; & \bar{v} \\ u = u(t, x, y, q), u \in U, & \bar{z} \end{cases} \quad (8)$$

где  $N$  – число объектов в ММС;  $x = (x^d, x^a)$  – вектор состояния ММС с  $x^d$  – динамическими и  $x^a$  – алгебраическими состояниями;  $X$  – множество состояний;  $y$  – вектор выхода ММС;  $u \in U$  – вектор управления ММС;  $q \in Q$  – вектор параметров ММС, которые характеризуют параметрическую неопределенность в формуле (8,  $a - \bar{v}$ ) и возможную параметризацию в (8,  $\bar{z}$ ). Выражения (8) характеризуют динамические связи ( $a$ ), алгебраические связи ( $\bar{b}$ ), вектор выхода ( $\bar{v}$ ) и функцию принятия решения и управления ( $\bar{z}$ ). Управление  $u \in U = U_1 \times \dots \times U_N, u_i \in U_i$  – подвектор управления  $i$ -м объектом ММС.

#### ***Список использованных источников***

1. Воронов, Е. М. Некоторые особенности реализации алгоритмов векторной / Е. М. Воронов, А. Н. Володин // Интеллектуальные системы : тр. I Междунар. симпозиума. – М. : Изд-во РУДН ПАИМС, 1994. – С. 121 – 124.
2. Воронов, Е. М. Предельное целевое качество интеллектуальной системы на основе стабильного гомеостаза / Е. М. Воронов, К. А. Пупков // Интеллектуальные системы : тр. III Междунар. симпозиума. – М. : Изд-во РПИ, 1998. – С. 43 – 48.

#### ***References***

1. Voronov, E. M. Some Features of the Implementation of Vector Nash Optimization Algorithms / E. M. Voronov, A. N. Vdovin // Intelligent Systems : Proceedings of the First International Symposium. – M. : RUDN University Press, 1994. – P. 121 – 124.
2. Voronov, E. M. Ultimate Target Quality of an Intelligent System Based on Stable Homeostasis / E. M. Voronov, K. A. Pupkov // Intelligent Systems : Proceedings of the III International Symposium. – M., 1998. – P. 43 – 48.

**М. А. Ивановский, И. А. Дьяков, И. А. Глазкова**  
(Кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: inga.glazkova99@mail.ru)

## **ВЛИЯНИЕ ИНТЕЛЛЕКТА НА ЦЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

*Аннотация.* Рассмотрены основные временные характеристики функционирования полиэргатической системы, определяемые интеллектом операторов системы.

*Ключевые слова:* полиэргатическая система, интеллектуальные оценки состояния системы, аналитическая мощность множества.

**M. A. Ivanovsky, I. A. Dyakov, I. A. Glazkova**  
(Department of Information Systems and Information Security,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **THE INFLUENCE OF INTELLIGENCE ON THE BEHAVIORAL GOALS OF THE ERGATIC SYSTEM**

*Abstract.* The article examines the main time characteristics of the functioning of a polyergatic system, determined by the intelligence of the system operators.

*Keywords:* polyergatic system, intelligent assessments of the state of the system, analytical power of the set.

Дадим формальное описание модели рассматриваемой системы. Обозначим состояния системы через  $\Omega \in \Omega_0$ , где  $\Omega_0$  – множество возможных состояний. Предсказание состояния системы на интервале  $t$  в линейном приближении имеет вид

$$\Omega(t + t_s) \approx \hat{\Omega}(t) + \hat{\Omega}'(t)t_s + \sigma_\Omega, \quad (1)$$

где  $\hat{\Omega}$ ,  $\hat{\Omega}'$  – интеллектуальные оценки состояния и скорости изменения состояния;  $\sigma_\Omega$  – ошибка предсказания. Качество оценок и значение ошибки зависят от интенсивности влияния среды и представления (отображения) ситуации в системе [1].

Пусть на систему воздействует некоторый фактор  $f(t)$ , влияющий на ее энтропию  $U$  в соответствии со следующими соотношениями:

$$dU = d\varphi / \Omega'_2, \quad (2)$$

$$\varphi(t) = k \int_0^t f^2(t) dt, \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент, который определяется выбором системы единиц;  $\varphi$ ,  $\Omega'_2$  – системные эквиваленты теплоты и температуры. Отсюда:

$$U'(t) = k \frac{f^2(t)}{\Omega'^2(t)}, \quad (4)$$

$$U''(t) = 2k \left[ f'(t) - f(t) \frac{\Omega''(t)}{\Omega'(t)} \right] \frac{f(t)}{[\Omega'(t)]^2}, \quad (5)$$

$$U''(t) = 2[f'(t)/f(t) - \Omega''(t)/\Omega'(t)]U'(t). \quad (6)$$

Обозначим  $\Omega''/\Omega' = y(t)$ , тогда

$$U(t) = 2[f(t)/f(t) - y]U(t). \quad (7)$$

Если  $f(t) = \text{const}$  и  $f(t) = 0$ ,

$$U''(t) = -2y(t)U'(t), \quad U(t) = C \int_{t_1}^{t_2} \exp\left[\int_{t_1}^{t_2} y(\xi) d\xi\right] dt. \quad (8)$$

Разложим оценку левой части выражения (1) в ряд по  $t$  в предположении, что интервал экстраполяции мал по сравнению с периодом  $T$  наблюдения системы ( $t \ll T$ ).

$$\hat{\Omega}(t + t_3) = \hat{\Omega}(t) + \hat{\Omega}'(t)t_3 + \frac{1}{2} \hat{\Omega}''(t)t_3^2 + \dots \quad (9)$$

Величина  $\sigma_\Omega$  в выражении (1) растет с увеличением  $f(t)$ , обратна «объекту» интеллекта  $\Theta$  и зависит от запаздывания отображения ситуации  $\tau$ . Приближенно представим ошибку экстраполяции состояния системы в виде

$$\sigma_\Omega \approx f(t) / \Theta(t - \tau), \quad (10)$$

ограничившись в (8) квадратичным членом, нетрудно получить

$$\hat{\Omega}''(t) \approx 2f(t) / [t_3^2 \Theta(t - \tau)] \quad (11)$$

при соответствующем выборе единиц  $2/t_3^2 = 1$  и

$$\begin{aligned} \hat{\Omega}''(t) &\approx f(t) / \Theta(t - \tau), \\ \hat{\Omega}''(t) &\approx \int_0^t \frac{f(t)}{\Theta(t - \tau)} dt. \end{aligned} \quad (12)$$

Соотношения (1) – (11) определяют влияние интеллекта на целесообразность поведения системы и скорость изменения ее состояния.

При высокоразвитом интеллекте осуществим длительный прогноз (условие  $t \ll T$  сохраняется), и тогда скорость изменения состояния системы невелика: система способна выбирать относительно стабильное состояние, рациональное на длительном интервале времени, заметим, что

$$y(t) = \frac{\Omega''(t)}{\Omega'(t)} = \frac{1}{\Omega'(t)} \frac{d\Omega'(t)}{dt} = \frac{d}{dt} (\ln \Omega'(t)). \quad (13)$$

Известно, что  $\log_2 x$  – число единиц, необходимых для того, чтобы закодировать и запомнить  $x$ , в частности,  $\ln x = a \log_2 x = c$  ( $c$  – число двоичных единиц). Отсюда

$$y(t) = \Omega''(t)/\Omega'(t) = q(\Theta) \text{ при } \Theta \geq \Theta^*, \quad (14)$$

где  $\Theta^*$  – такой объем интеллекта, при котором он в состоянии достаточно быстро отобразить ход и исход взаимодействия со средой, т.е.  $\Theta^* \Omega'' = f^*, f < f^*$  [2].

Чем больше  $\Theta$ , тем система независимее от среды в том смысле, что она способна меньшими изменениями состояния (следовательно, с меньшими затратами ресурса, поскольку изменение состояния требует расхода ресурса, в частности энергии) противостоять внешней силе.

Немалое значение имеет  $\tau$ . Оперативная сила интеллекта определяется не потенциальными характеристиками, а реальным объемом накопленной информации на интервале  $T \gg t$  относительно среды и возможных последствий ситуационного взаимодействия с ней системы. Если информации очень много и значительная часть ее не носит ситуационного характера, а, допустим, касается общих свойств системы и среды, то процедура отождествления текущего воздействия с накоплением информационным ресурсом интеллекта задерживается и  $\tau$  растет.

Имеет место ситуация: «молодая» система имеет «незаполненный» интеллект, ей не с чем отождествлять полученные стимулы, «старая» система с переполненным интеллектом очень долго решает задачу отождествления текущей ситуации и прогнозирования, поскольку  $\tau = \tau(\Theta)$ . Поэтому оптимальный ситуационный интеллектуальный ресурс лежит в пределах

$$\Theta' \leq \Theta_{\text{opt}} \leq \Theta, \quad (15)$$

причем  $\Theta'$ ,  $\Theta$  зависят от возможных состояний среды и перспектив ее изменения.



Перепишем в виде

$$[\hat{\Omega}(t)][\Theta(t - \tau(t, \Theta))] = f(t). \quad (16)$$

Компоненты интеллекта имеют различное запаздывание отображения, в частности, подсознательный компонент имеет запаздывание, которое можно считать равным нулю по сравнению с сознательным и надсознательным: подсознание отвечает на внешнее возбуждение мгновенной реакцией либо не отвечает вовсе, сознательное размышление может длиться минуты, часы, дни и месяцы, а надсознательные процессы имеют чрезвычайно широкий диапазон длительности – от секунд до десятков лет [3].

Состояние системы можно представить в виде суммы состояний подсистем:

$$\Omega(t) = \sum_{i=1}^n \Omega_i(t). \quad (17)$$

Отсюда

$$\left[ \sum_{i=1}^n \hat{\Omega}_i''(t) \right] \left[ \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Theta_j(t - \tau_{jk}(t, \Theta_{jk})) \right] = f(t). \quad (18)$$

В этом дифференциальном уравнении с отклоняющимся аргументом коэффициентами являются оценки ускорений изменения состояний. Для модели интеллекта целесообразно взять в качестве коэффициентов ускорения изменения самих состояний, а не их оценки. Тогда

$$\left[ \sum_{i=1}^n \Omega_i''(t) \right] \left[ \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Theta_j(t - \tau_{jk}(t, \Theta_{jk})) \right] = f(t),$$

$$\Theta_j(t) = \Psi_j(t) \text{ при } -T < t \leq 0. \quad (19)$$

Уравнение (19) есть упрощенная аддитивная модель интеллекта, пригодная для выполнения относительно простых функций.

Для более сложных функций более уместна нелинейная модель хотя бы такого вида:

$$\left[ \sum_{i=1}^n \Omega_i''(t) \right] \left\{ \left[ \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Theta_j(t - \tau_{jk}(t, \Theta_{jk})) \right] + \left[ \prod_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Theta_j(t - \tau_{jk}(t, \Theta_{jk})) \right] \right\} = f(t);$$

$$\Theta_j(t) = \Psi_j(t) \text{ при } -T < t \leq 0, \tau_{jk} \in (0, \tau_m). \quad (20)$$

### ***Список использованных источников***

1. Козелецкий, Ю. Психологическая теория решений / Ю. Козелецкий. – М. : Прогресс, 1979. – 503 с.
2. Горский, Ю. М. Гомеостатика: гармония в игре противоречий / Ю. М. Горский. – Иркутск : Изд-во Репроцентр, 2008. – 75 с.
3. Гаврилов, А. В. Гибридные интеллектуальные системы / А. В. Гаврилов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2003. – 41 с.

### ***References***

1. Kozeletsky, Yu. Psychological Theory of Decisions / Yu. Kozeletsky. – M. : Progress, 1979. – 503 p.
2. Gorsky, Yu. M. Homeostasis: Harmony in the Game of Contradictions / Yu. M. Gorsky. – Irkutsk : Reprocenter Publishing House, 2008. – 75 p.
3. Gavrilov, A. V. Hybrid Intelligent Systems / A. V. Gavrilov. – Novosibirsk : NSTU Publishing House, 2003. – 41 p.

**Р. Р. Ковалев, В. А. Юдаев, А. С. Егоров, А. Г. Дивин**  
(Кафедра «Мехатроника и технологические измерения»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: kovalev.roman68@rambler.ru, pt-arta@yandex.ru,  
egorov.andrey@list.ru, agdv@yandex.ru)

## **УНИВЕРСАЛЬНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*Аннотация.* Рассмотрены перспективы развития и применения технологий умного садоводства. Приведена основная цель применения платформы. Разработана 3D-модель универсальной роботизированной платформы сельскохозяйственного назначения.

*Ключевые слова:* роботизированная платформа, моделирование, умное садоводство.

**R. R. Kovalev, V. A. Yudaev, A. S. Egorov, A. G. Divin**  
(Department of Mechatronics and Technological Measurements,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **UNIVERSAL ROBOTIC PLATFORM FOR AGRICULTURAL PURPOSES**

*Abstract.* The prospects for the development and application of smart gardening technologies are considered. The main purpose of the platform application is given. A 3D model of a universal robotic platform for agricultural purposes is developed.

*Keywords:* robotic platform, modeling, smart gardening.

Тамбовская область является перспективной территорией для развития агропромышленного комплекса (далее АПК) благодаря своим природным богатствам – черноземным почвам. Важными условиями развития данного комплекса можно считать повышение уровня производительности труда за счет формирования инновационной системы в садоводстве и растениеводстве, обеспечивающей создание и освоение передовых отечественных разработок, а также принципиально новых технологий [1].

На сегодняшний день основными направлениями научно-технологических инноваций являются ландшафтно-адаптивные технологии (точное сельское хозяйство, умное сельское хозяйство), роботизация производственных процессов в земледелии и животноводстве.

В связи с чем разработка наземного роботизированного комплекса для потребностей АПК, позволяющего механизировать и автоматизи-

ровать ручной труд, а также обеспечить необходимый уровень безопасности (например, при опрыскивании и внесении удобрений), является актуальной задачей [2].

Основная цель платформы – это обеспечение систем навесного оборудования энергией и мобильностью в любых эксплуатационных условиях за счет своей уникальной трансмиссии, полного привода, программируемого контроллера и вариативности траекторий движения.

Авторами статьи был создан опытный образец универсальной роботизированной платформы сельскохозяйственного назначения (рис. 1).



Рис. 1

По результатам деловых встреч с потенциальными заказчиками, а также произведя анализ состояния рынка конкурентной продукции, руководство компании пришло к выводу об использовании в качестве силовой установки 4-тактного двигателя внутреннего сгорания мощностью 80 л.с. отечественного производства [3].

На рисунке 2 продемонстрирован промежуточный этап сборки платформы.

В итоге разработки была получена роботизированная платформа с большим спектром использования в различных условиях и научных направлениях. Поскольку в платформу заложен принцип модульной конструкции и есть возможность устанавливать навесное оборудование, можно постоянно дополнять и модернизировать, что полезно для индивидуальной деятельности студентов.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Разработка роботизированного комплекса наземной и воздушной беспилотных платформ для применения в агротехнологиях» (ЕГИСУ НИОКТР: 124062100023-3).*



**Рис. 2**

### ***Список использованных источников***

1. Проект наземного роботизируемого комплекса для нужд садоводства и растениеводства / В. А. Бабушкин, Р. Р. Ковалев, В. А. Юдаев и др. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 4. – С. 6 – 12.
2. Робототехнические средства для современного садоводства / А. Ю. Измайлов, И. Г. Смирнов, Д. О. Хорт, Р. А. Филиппов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 2. – С. 131 – 138.
3. Родионов, Ю. В. Детали машин и основы конструирования. Краткий курс : учебное пособие / Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, В. Г. Однолько. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Ч. 2. – 88 с.

### ***References***

1. Project of a ground-based robotic complex for the needs of gardening and plant growing / V. A. Babushkin, R. R. Kovalev, V. A. Yudaev, et al. – Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. – 2018. – V. 4. – P. 6 – 12.
2. Robotic tools for modern gardening / A. Yu. Izmailov, I. G. Smirnov, D. O. Khort, R. A. Filippov. – Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. – 2016. – V. 2. – P. 131 – 138.
3. Rodionov, Yu. V. Machine parts and design basics. Brief course. Part 2: tutorial / Yu. V. Rodionov, D. V. Nikitin, V. G. Odnolko. – Tambov : Publishing house of FGBOU VO “TSTU”, 2017. – 88 p.

**А. А. Комиссаров, В. А. Юдаев, А. С. Егоров, П. В. Балабанов**  
(Кафедра «Мехатроника и технологические измерения»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: super.komissarova-lena@yandex.ru, pt-arta@yandex.ru,  
egorov.andrey@list.ru, pav-balabanov@yandex.ru)

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХРАНЕНИЯ И СОРТИРОВКИ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Аннотация.* Рассмотрен интеллектуальный комплекс прогнозирования хранения и сортировки плодоовощной продукции. Приведена функциональная схема интеллектуального комплекса прогнозирования хранения и сортировки плодоовощной продукции.

*Ключевые слова:* техническое зрение, прогнозирования хранения плодоовощной продукции, сортировка плодоовощной продукции.

**A. A. Komissarov, V. A. Yudaev, A. S. Egorov, P. V. Balabanov**  
(Department of Information Processes and Control,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **INTELLIGENT COMPLEX FOR FORECASTING STORAGE AND SORTING OF FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS**

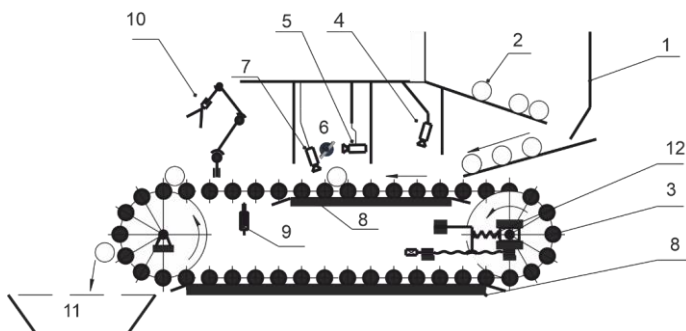
*Abstract.* The article considers an intelligent complex for forecasting the storage and sorting of fruit and vegetable products. The functional diagram of the intelligent complex for forecasting the storage and sorting of fruit and vegetable products is given.

*Keywords:* technical vision, forecasting of storage of fruit and vegetable products, sorting of fruit and vegetable products.

В случае контроля качества фруктов, особенно в условиях их транспортировки на конвейере, необходимо правильно и быстро обнаруживать дефектные области и прогнозировать время хранения. Одним из способов распознавания таких зон является гиперспектральный метод распознавания [1].

Целью данной работы является разработка функциональной схемы интеллектуального комплекса прогнозирования хранения и сортировки плодоовощной продукции [2].

Интеллектуальный комплекс прогнозирования хранения и сортировки плодоовощной продукции включает в себя рольганговый конвейер 3 (рис. 1), состоящий из роликов, скрепленных между собой цепью для линейного перемещения объектов контроля.



**Рис. 1. Функциональная схема интеллектуального комплекса прогнозирования и хранения плодовоовощной продукции**

Натяжение цепи регулируется натяжным устройством 12. Объекты контроля 2 подаются из приемного бункера 1. Далее объекты контроля попадают в поле зрения видеокamеры видимого диапазона 4, задача которой получить их изображение в реальном времени. Обработка этого изображения позволяет распознать объекты контроля на конвейере и запустить систему линейного гиперспектрального сканирования на основе камеры 5 и привода зеркала 6. Сканирование происходит в течение промежутка времени, рассчитываемого по среднему диаметру объекта и скорости движения конвейера. Скорость движения конвейера определяется с помощью индуктивного датчика 9 движения цепи. Камера 7 необходима для подтверждения зоны плодоножки и чашелистика на яблоке. Это позволит уменьшить размер обрабатываемых данных, что повысит общее быстродействие системы. Для классификации данных тканей будет использоваться нейронная сеть программного комплекса, которая по входным параметрам (вегетационным индексам) позволит надежно определять данные областей объекта контроля [3]. Таким образом, если программный модуль обработки спектрограмм примет решение, что объект дефектный по полученным данным, то формируется команда, по которой манипулятор 10 удаляет его с конвейера. Остальные объекты поступают в контейнер 11.

Данный интеллектуальный комплекс может разбраковывать объекты контроля, а также делать прогноз хранения [4].

Из проделанной работы можно сделать вывод, что рассмотренная функциональная схема интеллектуального комплекса теоретически способна прогнозировать хранение и сортировать плодовоовощную продукцию, но требуется создание прототипа для исследований. Основной проблемой является создание базы данных прогноза хранения.

### *Список использованных источников*

1. Early detection of decay on apples using hyperspectral reflectance imaging combining both principal component analysis and improved watershed segmentation method / J. B. Li, W. Luo, Z. Wang, S. Fan // *Postharvest Biology and Technology*. – 2019. – No. 149. – P. 235 – 246.
2. Yang, C. Hyperspectral band selection for detecting different blueberry fruit maturity stages / C. Yang, W. S. Lee, P. Gader // *Comput. Electron. Agric.* – 2014. – V. 109.
3. Vision system for detection of defects on apples using hyperspectral imaging coupled with neural network and haar cascade algorithm / P. V. Balabanov, A. G. Divin, A. S. Egorov, et al. // *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2020. – P. 52058.
4. Analysis of spatially resolved hyperspectral scattering images for assessing apple fruit firmness and soluble solids content / Y. Peng, R. Lu // *Postharvest Biol. Technol.* – 2008. – V. 48, No. 1.



**Д. В. Арапов**

(Кафедра «Информационные технологии»,  
ФГБОУ ВО «ВГЛТУ имени Г. Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия,  
e-mail: arapovdv@gmail.com)

## **НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ОЦЕНКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ХРАНЕНИЯ КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ**

*Аннотация.* Проведено ранжирование повреждений корнеплодов сахарной свеклы при их механической уборке и реализовано нейросетевое моделирование показателей качества их хранения.

*Ключевые слова:* показатель хранения, корнеплод сахарной свеклы, ранжирование повреждений, нейросетевое моделирование.

**D. V. Arapov**

(Department of Information Technology,  
VSFEU named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia)

## **NEURAL NETWORK MODELING IN ASSESSING THE QUALITY OF STORAGE OF SUGAR BEET ROOT CROPS**

*Abstract.* The damage ranking of sugar beet root crops during their mechanical harvesting was carried out and neural network modeling of their storage quality indicators was implemented.

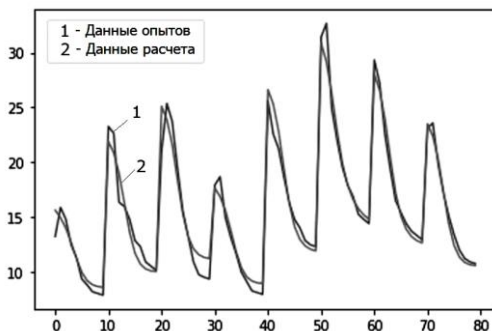
*Keywords:* storage index, sugar beet root crop, damage ranking, neural network modeling.

Причины больших потерь сахарозы при кагатном хранении сахарной свеклы – это в основном увеличение скорости дыхания поврежденных корнеплодов и гниение за счет размножения грибов, бактерий, вирусов на корнеплодах, особенно на поврежденных и при относительно больших сроках хранения.

Моделирование посуточного изменения интенсивности дыхания корнеплодов в зависимости от ранга повреждений при 10-суточном хранении (80 опытов) выполнили по данным украинских ученых [1, 2].

Нейронная сеть для моделирования представляет собой многослойный персептрон, состоящий из входного слоя в 12 нейронов, четырех скрытых слоев также по 12 нейронов и одного выходного слоя, имеющего 1 нейрон. Входной слой имеет два входа, на который подаются сигналы о времени хранения в сутках и ранге повреждения в долях единицы. С выхода персептрона снимается сигнал об интен-

сивности дыхания в мг  $\text{CO}_2/(\text{ч}\cdot\text{кг})$ . На рисунке 1 приведены результаты нейросетевого моделирования динамики изменения интенсивности дыхания в зависимости от ранга повреждения корнеплодов при 10-суточном хранении свеклы. Всего исследовано 8 состояний повреждений корнеплодов.



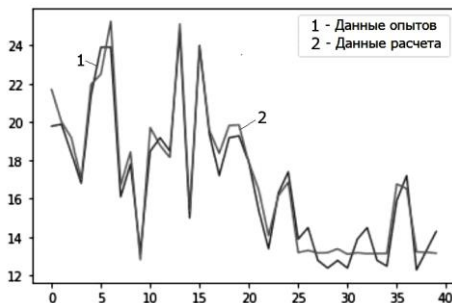
**Рис. 1. Зависимость изменения интенсивности дыхания от ранга повреждений корнеплодов при 10-суточном хранении (80 опытов)**  
(ось y – интенсивности дыхания в мг  $\text{CO}_2/(\text{ч}\cdot\text{кг})$ ; ось x – номера опытов)

Опыты № 71 – 80 показывают изменение интенсивности дыхания в течение 10 суток всего вороха свеклы из-под комбайна, включающего корнеплоды с различными повреждениями. Ранг всего вороха равен 0,7. Средняя относительная погрешность нейросети составила  $\pm 5,94\%$ .

Моделирование зависимости интенсивности дыхания корнеплодов от площадей: неповрежденных, нанесенных повреждений и суммарной площади поверхности корнеплодов (40 опытов).

Структура нейронной сети аналогична предыдущей. Многослойный перцептрон, состоит из входного слоя в 12 нейронов, четырех скрытых слоев также по 12 нейронов и одного выходного слоя, имеющего 1 нейрон. Но входной слой имеет уже 4 входа, на которые подаются сигналы о площадях неповрежденной, поврежденной и суммарной поверхностей корнеплодов, а также признак увядания корнеплодов: 1 – подвяленный, 0 – относительно свежий. С выходного слоя снимается сигнал интенсивности дыхания в  $\text{см}^3 \text{CO}_2/(\text{ч}\cdot\text{кг})$ . На рисунке 2 приведены результаты нейросетевого моделирования интенсивности дыхания в зависимости от площадей поверхности корнеплодов: целой, поврежденной и суммарной с учетом подвяливания корнеплодов.

Средняя ошибка моделирования нейросети составила  $\pm 4,17$  отн. %.



**Рис. 2. Зависимость изменения интенсивности дыхания от площадей: целой, поврежденной и суммарной поверхностей с учетом усыхания корнеплодов (40 опытов)**

*Список использованных источников*

1. Кухар, В. Н. Эффективность переработки сахарной свеклы в зависимости от ее технологических качеств и особенностей ведения процесса. Ч. 2. Исследование потерь сахарозы при краткосрочном хранении свеклы и пути их снижения / В. Н. Кухар, А. П. Чернявский, Л. И. Чернявская // Сахар. – 2020. – № 5. – С. 38 – 45.

2. Эффективность переработки сахарной свеклы в зависимости от потерь сахара при хранении корнеплодов. Ч. 3. Химико-фитопатологические показатели сахарной свеклы механизированной уборки после хранения в кагатах / Л. И. Чернявская, Ю. А. Моканюк, В. Н. Кухар, А. П. Чернявский // Сахар. – 2021. – № 1. – С. 36 – 45.

*References*

1. The efficiency of sugar beet processing depending on its technological qualities and the peculiarities of the process. Part 2. Investigation of sucrose losses during short-term beet storage and ways to reduce them / V. N. Kukhar, A. P. Chernyavsky, L. I. Chernyavskaya, et al. // Sugar. – 2020. – No. 5. – P. 38 – 45.

2. Efficiency of sugar beet processing depending on sugar losses during storage of root crops. Part 3. Chemical and phytopathological indicators of sugar beet of mechanized harvesting after storage in kagats / L. I. Chernyavskaya, Yu. A. Mokanyuk, V. N. Kukhar, A. P. Chernyavsky // Sugar. – 2021. – No. 1. – P. 36 – 45.

**Д. В. Арапов**

(Кафедра «Информационные технологии»,  
ФГБОУ ВО «ВГЛТУ имени Г. Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия,  
e-mail: arapovdv@gmail.com)

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕСЫЩЕНИЯ СВЕКЛОСАХАРНЫХ РАСТВОРОВ**

*Аннотация.* Разработана нейросетевая математическая модель для расчета коэффициента пересыщения сахарных растворов различной чистоты на основе температурной депрессии кипящего сахарного раствора. Средняя относительная погрешность модели составила 1,0% при 1021 экспериментальных данных.

*Ключевые слова:* математическая модель нейронной сети, кристаллизация сахара, температурная депрессия.

**D. V. Arapov**

(Department of Information Technology,  
VSFEU named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia)

## **APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELING TO CALCULATE THE SUPERSATURATION COEFFICIENT OF SUGAR BEET SOLUTIONS**

*Abstract.* The article develops a neural network mathematical model for calculating the conversion coefficient of sugar solutions of various purity based on the temperature depression of the boiling sugar solution. The average relative error of the model was 1.0% with 1021 experimental data.

*Keywords:* mathematical model of a neural network, sugar crystallization, temperature depression.

В процессе машинного моделирования для расчета пересыщения был выбран шестислойный персептрон (рис. 1). Сеть состоит из входного слоя, пяти скрытых слоев и выходного слоя. Входной слой включает в себя три нейрона, каждый скрытый слой содержит 64 нейрона, выходной слой состоит из одного нейрона. На вход сети поступают значения температуры кипения чистой воды ( $X_1$ ), °С, чистоты сахарного раствора ( $X_2$ ), %, и температурной депрессии ( $X_3$ ), °С.

На выходе сети получаем значения пересыщения. Средняя относительная погрешность моделирования пересыщения по выборке из 1021 эксперимента составила 1,0%. Эта же архитектура (рис. 1) была использована для расчета содержания сухих веществ в сахарном растворе.

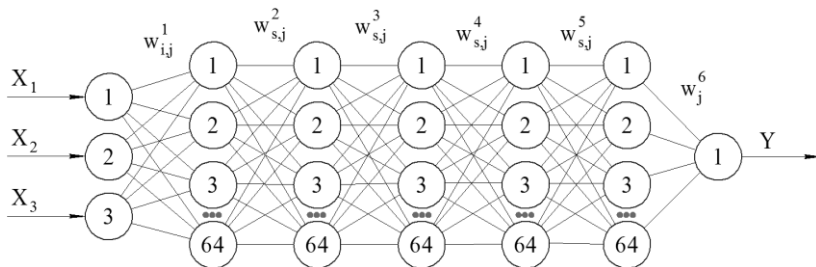


Рис. 1. Модель шестислойного перцептрона,  $i = 1 \dots 3; j, s = 1 \dots 64$

Средняя относительная погрешность моделирования концентрации сухих веществ на выборке из 977 экспериментов составила 0,49%. При обучении нейронной сети каждый нормализованный параметр  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  подается на вход перцептрона, обрабатывается на пяти внутренних уровнях его структуры, затем вычисляется выходной сигнал сети  $Y$ , который сравнивается с соответствующим значением целевого вектора, которое является требуемым значением пересыщения или содержанием сухих веществ. Затем определяется абсолютная погрешность моделирования и выполняется изменение весов связей внутри перцептрона. Векторы обучающего набора представляются последовательно; вычисляются ошибки моделирования и выполняется корректировка весов связей для каждого вектора. Процесс обучения продолжается до тех пор, пока ошибка по всему обучающему массиву не достигнет требуемого значения. Таким образом, мы обучили сеть для пересыщения и сухих веществ соответственно на выборках из 1021 и 977 экспериментальных данных П. Хонига, О. Шпенглера и др., Г. Вавринца и Л. Ченга, признанных международным сообществом, используя алгоритм RMSProp, разработанный Джеффри Хинтоном и др. [1].

#### Список использованных источников

1. Improving neural networks by preventing co-adaptation of feature detectors / G. E. Hinton, N. Srivastava, A. Krizhevsky, et al. ArXiv:1207.0580v1 [cs.NE] 3 Jul 2012. – URL : <https://doi.org/10.48550/arXiv.1207.05802012>

**А. А. Киселев<sup>1</sup>, В. М. Белов<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Кафедра «Защита информации»,  
ФГБОУ ВО «НГТУ», г. Новосибирск, Россия,  
e-mail: anton.kiselev@corp.nstu.ru;

<sup>2</sup>Кафедра «Информационная безопасность»,  
ФГБОУ ВО «СГУГиТ», г. Новосибирск, Россия,  
e-mail: vmbelov@mail.ru)

## **ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОННОЙ ПОЧТЫ ОТ «СПАМ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАИВНОГО БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА**

*Аннотация.* Приведен перечень основных методов интеллектуального анализа данных, применяемых в решении задач обеспечения информационной безопасности. Рассмотрен пример использования алгоритма наивного байесовского классификатора при построении системы защиты электронной почты от «спам».

*Ключевые слова:* информационная безопасность, наивный байесовский классификатор, метод опорных векторов, метод ближайших соседей, метод деревьев решений, искусственные нейронные сети, методы нечеткой логики, генетические алгоритмы, интеллектуальный анализ данных.

**A. A. Kiselev<sup>1</sup>, V. M. Belov<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Department of Information Security,  
NSTU, Novosibirsk, Russia;

<sup>2</sup>Department of Information Security,  
SSUGT, Novosibirsk, Russia)

## **EMAIL PROTECTION AGAINST SPAM USING NAIVE BAYES APPROACH**

*Abstract.* A brief overview of basic data mining methods used in solving information security problems is provided. An example of using the Naive Bayes classifier algorithm when building an email protection system against “spam” is considered.

*Keywords:* information security, naive Bayes classifier, support vector machine, neighbor connection method, technological decision method, artificial neural networks, fuzzy logic methods, genetic algorithms, data mining.

В текущий момент все отрасли экономики переживают цифровую трансформацию, исключением не стал и агропромышленный комплекс. В задачах цифровизации важнейшую роль играет информационная безопасность (ИБ), среди задач которой наиболее распространенной является борьба со «спамом». Методы ИБ разнообразны, наиболее перспективным на сегодняшний день считается интеллектуальный анализ

данных (ИАД). Основными задачами ИАД являются: классификация данных, их ассоциация и кластеризация, прогнозирование, построение последовательностей; анализ аномалий (отклонений).

В рамках ИБ из ИАД используются такие основные подходы, как: наивный байесовский подход (НБП) [1], метод опорных векторов (МОВ) [2], метод ближайших соседей (МБС) [3], метод деревьев решений (МДР), искусственные нейронные сети (ИНС) [4], методы нечеткой логики (МНЛ) и генетические алгоритмы (ГА) [5].

Рассмотрим наивный байесовский подход (классификатор) (Naive Bayes Approach) как наиболее простой и популярный для задач ИБ.

Классификация по НБП осуществляется путем использования правила Байеса при вычислении условной вероятности каждого класса для вектора входных атрибутов [6].

Исходя из «наивного» предположения о равновероятности каждого слова в сообщении, для решения задачи классификации сообщений на 2 класса:  $S$  (спам) и  $H \neq S$  (не «спам») и теоремы Байеса можно вывести формулу оценивания вероятности «спамовости» всего сообщения, содержащего слова  $W_1, W_2, W_3, \dots, W_N$ :

$$p(S|W_1, W_2, W_3, \dots, W_N) = \frac{p(W_1, W_2, W_3, \dots, W_N|S) \times p(S)}{p(W_1, W_2, W_3, \dots, W_N)} =$$

$$= \frac{\prod_i p(S|W_i)}{\prod_i (p(S|W_i) + \left(\frac{p(\neg S)}{p(S)}\right)^{1-N} \times \prod_i p(\neg S|W_i))}.$$

Таким образом, предполагая  $p(S) = p(\neg S) = 0,5$ , имеем

$$p = \frac{p_1 p_2, \dots, p_N}{p_1 p_2, \dots, p_N + (1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3), \dots, (1 - p_N)},$$

где  $p(S|W_1, W_2, W_3, \dots, W_N)$  – вероятность того, что сообщение, содержащее слова  $W_1, W_2, W_3, \dots, W_N$ , – «спам»;  $p_1$  – условная вероятность  $p(S|W_1)$  того, что сообщение – «спам», при условии, что оно содержит первое слово;  $p_2$  – условная вероятность  $p(S|W_2)$  того, что сообщение – «спам», при условии, что оно содержит второе слово и т.д.;  $p_N$  – условная вероятность  $p(S|W_N)$  того, что сообщение – «спам», при условии, что оно содержит  $N$ -е слово.

Результат  $p$  обычно сравнивают с некоторым порогом, например 0,5, чтобы решить, является ли сообщение «спамом» или нет. Если  $p$  ниже, чем порог, то сообщение рассматривают как вероятный не «спам», иначе его рассматривают как вероятный «спам».

#### ***Список использованных источников***

1. Маккафри, Дж. Кластеризация данных с использованием наивного байесовского вывода [Электронный ресурс] / Маккафри Дж. – URL : <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/jj991980.aspx> (дата обращения: 08.05.2024).
2. Лифшиц, Ю. Метод опорных векторов [Электронный ресурс] / Ю. Лифшиц. – URL : <http://logic.pdmi.ras.ru/~yura/internet/07ia.pdf> (дата обращения: 08.05.2024).
3. Tradeexperts. Математические основы k-nn [Электронный ресурс]. – URL : [http://tradexperts.ru/kNN\\_Osnovi.htm](http://tradexperts.ru/kNN_Osnovi.htm) (дата обращения: 10.05.2024).
4. Маслова, Н. А. О применении интеллектуального анализа данных для защиты информации корпоративных систем / Н. А. Маслова // Искусственный интеллект. – 2009. – № 4. – С. 66 – 74.
5. Зубков, Е. В. Методы интеллектуального анализа данных и обнаружение вторжений / Е. В. Зубков, В. М. Белов // Вестник СибГУТИ. – 2016. – № 1. – С. 118 – 133.
6. Байесовская фильтрация спама [Электронный ресурс]. – URL : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Байесовская\\_фильтрация\\_спама](https://ru.wikipedia.org/wiki/Байесовская_фильтрация_спама) (дата обращения: 11.05.2024).

#### ***References***

1. McCaffrey, J. Data clustering using Naive Bayes inference [Electronic resource] / J. McCaffrey. – URL : <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/jj991980.aspx> (date of application: 08.05.2024).
2. Lifshits, Yu. Support vector machine [Electronic resource] / Yu. Lifshits. – URL : <http://logic.pdmi.ras.ru/~yura/internet/07ia.pdf> (date of application: 08.05.2024).
3. Tradeexperts. Mathematical foundations k-nn [Electronic resource]. – URL : [http://tradexperts.ru/kNN\\_Osnovi.htm](http://tradexperts.ru/kNN_Osnovi.htm) (date of application: 10.05.2024).
4. Maslova, N. A. On the use of intelligent data analysis to protect corporate systems information / N. A. Maslova // Artificial Intelligence. – 2009. – No. 4. – P. 66 – 74.
5. Zubkov, E. Data mining and intrusion detection methods / E. Zubkov, V. Belov // The Herald of the Siberian State University of Telecommunications and Information Science. – 2016. – No. 1. – P. 118 – 133.
6. Bayesian spam filtering [Electronic resource]. – URL : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Байесовская\\_фильтрация\\_спама](https://ru.wikipedia.org/wiki/Байесовская_фильтрация_спама) (date of application: 11.05.2024).



**Э. Э. Голуб, Аль-Судани Зайд Али Хуссейн<sup>2</sup>,  
Шамсулдин Хайдар Абдулваххаб Х.**

(Кафедра «Информационные процессы и управление»,  
e-mail: golubee@bk.ru, shamsuldaeenhaidar@mail.ru;  
Кафедра «Информационная безопасность»,  
РТУ МИРЭА, Москва, Россия; г. Багдад, Ирак)

### **ПРИМЕНЕНИЕ ДРОНОВ И ИИ ДЛЯ СБОРА И АНАЛИЗА ПОЧВЫ: ОПТИМИЗАЦИЯ СЕВООБОРОТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к управлению сельскохозяйственными полями с использованием дронов для сбора образцов почвы последующего анализа данных с помощью ИИ.

Система, которая на основе анализа состояния почвы, позволит прогнозировать подходящие культуры для посадки в конкретные годы. Приводятся примеры применения данной технологии и обсуждаются ее преимущества для повышения урожайности и устойчивости сельскохозяйственного производства.

*Ключевые слова:* дроны, искусственный интеллект, почва, севооборот, сельское хозяйство, оптимизация.

**E. E. Golub, Al-Soudany Zaid Ali Hussein,  
Shamsuldaeen Haidar Abdulwahhab H.**  
(RTU MIREA, Moscow, Russia; Baghdad, Iraq)

### **USING DRONES AND AI TO COLLECT AND ANALYZE SOIL: OPTIMIZING CROP ROTATION IN AGRICULTURAL FIELDS**

*Abstract.* The article discusses an approach to agricultural field management using drones to collect soil samples and then analyze the data using AI.

The system, based on soil analysis, will allow predicting suitable crops for planting in specific years. Examples of the application of this technology are given and its advantages for increasing crop yields and sustainability of agricultural production are discussed.

*Keywords:* drones, artificial intelligence, soil, crop rotation, agriculture, optimization.

**Введение.** Новые технологии предоставляют сельскохозяйственным компаниям современные инструменты для управления сельскохозяйственными процессами, позволяющие повысить эффективность и экологическую устойчивость производства. Одним из таких инструментов является использование дронов и искусственного интеллекта для анализа состояния почвы. Объектом исследования будет возмож-

ность применения дронов для автоматизированного сбора образцов почвы и использования ИИ для анализа полученных данных с целью оптимизации севооборота – т.е. чередования культур на одном поле для улучшения его плодородия.

**Сбор почвы с помощью дронов.** Дроны, оснащенные буровым механизмом для сбора образцов почвы, могут осуществлять автоматизированный и нужный сбор проб на больших площадях сельскохозяйственных полей. Эти устройства способны работать без участия оператора, собирая пробы с заранее определенных участков поля, что позволяет минимизировать человеческий труд и снизить вероятность ошибок, а использование глубинных образцов почвы позволяет выявить возможные накопления питательных веществ, а также обнаружить зоны с дефицитом влаги или проблемами дренажа. Это особенно важно для точной оценки плодородия поля и разработки более эффективных рекомендаций по севообороту.

**Описание механизма сбора образцов с глубины.** Перед сборами почвы дрон сначала оценивает камерой первичное состояние почвы через анализ отраженного света в различных диапазонах, что поможет оценить плотность и структуру почвы. Для сбора почвы на глубине можно оснастить дрон специальным буровым механизмом, способным извлекать образцы почвы с различных глубин. Механизм представляет собой буровую установку, закрепленную на дроне. Перед бурением дрон приземляется на участок земли, который будет оцениваться, далее бур спускается в почву на заранее определенную глубину, которая будет регулироваться датчиками.

По завершении бурения проба перемещается в специальный контейнер, прикрепленный к дрону. Такая технология позволяет точно фиксировать состояние почвы на разных уровнях, что значительно повышает точность анализа и прогноза оптимальных культур для посадки. Эти данные могут сравниваться с историческими данными о состоянии слоев почвы, создавая более полную картину состояния всего аграрного участка.

Используя GPS для точного позиционирования, можно автоматически планировать полеты, что обеспечит сбор данных с определенных участков поля с высокой точностью.

**Анализ почвы и оптимизация севооборота с помощью ИИ.** После сбора образцы почвы анализируются с помощью ИИ, который оценивает такие параметры, как содержание питательных веществ, кислотность, влажность и структура почвы. На основе этих данных ИИ может прогнозировать, какие культуры будут наиболее эффективны для посадки на данном участке в предстоящие годы. Анализ может также

учитывать такие факторы, как погодные условия, севооборот прошлых лет и текущие потребности рынка. Например, если анализ покажет истощение азота после выращивания зерновых, система предложит посадку бобовых культур, которые восстанавливают уровень азота.

**Примеры применения технологии.** В некоторых хозяйствах уже используются прототипы, использующие дроны и ИИ для анализа почвы. В Ставропольском крае используют дроны для анализа состава почвы. Использование дронов позволило получить более детализированную информацию о состоянии почвы.

**Заключение.** Использование дронов для автоматизированного сбора и последующего анализа его с помощью ИИ позволит аграрным технологиям сделать значительный шаг вперед в оптимизации и эффективности управления. Повсеместное применение таких технологий позволит в будущем обеспечить высокую урожайность, стабильность и качество сельскохозяйственного культур.

#### ***Список использованных источников***

1. Возможности использования беспилотных летательных аппаратов для оперативного мониторинга продуктивности почв. – URL : <https://www.researchgate.net/publication/288835174> (дата обращения: 03.09.2024).
2. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-selskom-hozyaystve> (дата обращения: 03.09.2024).
3. Внедрение информационных технологий и инноваций в сельскохозяйственную отрасль Российской Федерации. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-informatsionnyh-tehnologiy-i-innovatsiy-v-selskohozyaystvennuyu-otrasl-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 04.09.2024).
4. Важность цифрового картографирования посевных площадей и повышение урожайности при дистанционном надзоре. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/vazhnost-tsifrovogo-kartografirovaniya-posevnyh-ploshchadey-i-povyshenie-urozhaynosti-pri-distantsionnom-nadzore> (дата обращения: 04.09.2024).

#### ***References***

1. Possibilities of using unmanned aerial vehicles for operational monitoring of soil productivity. – URL : <https://www.researchgate.net/publication/288835174> (date of access: 09/03/2024).
2. Use of unmanned aerial vehicles in agriculture. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-selskom-hozyaystve> (date of access: 09/03/2024).
3. Implementation of information technologies and innovations in the agricultural sector of the Russian Federation. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-informatsionnyh-tehnologiy-i-innovatsiy-v-selskohozyaystvennuyu-otrasl-rossiyskoy-federatsii> (date of access: 09/04/2024).
4. The importance of digital mapping of crops and increasing crop yield with remote supervision. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/vazhnost-tsifrovogo-kartografirovaniya-posevnyh-ploshchadey-i-povyshenie-urozhaynosti-pri-distantsionnom-nadzore> (date of access: 04.09.2024).

**Н. В. Гомзов**

(Кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: ipu@mail.ahp.tstu.ru, postmaster@nauka.tstu.ru)

## **ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА АГРОЛАНДШАФТОВ**

*Аннотация.* Рассмотрены методы кластеризации данных, применяемые для анализа агроландшафта, дана их краткая характеристика. Анализ данных позволяет выявить альтернативные подходы к классификации агроландшафтов, что может значительно оптимизировать процессы управления сельским хозяйством и потенциально повысить устойчивость агроэкосистем. Результаты показывают, что сочетание разнообразных методов кластеризации может привести к более точным и полным результатам, обеспечивая глубокое понимание структуры и динамики агроландшафтов.

*Ключевые слова:* алгоритмы кластеризации, кластерный анализ.

**N. V. Gomzov**

(Department of Information Systems and Information Protection,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **APPLICATION OF CLUSTERING ALGORITHMS FOR AGRO-LANDSCAPE ANALYSIS**

*Abstract.* This paper discusses data clustering methods used in the analysis of agricultural landscapes and provides a brief overview of their characteristics. Data analysis allows for the identification of alternative approaches to classifying agricultural landscapes, which can significantly optimize management processes and increase the sustainability of agroecosystems. The results demonstrate that a combination of various clustering algorithms can lead to more precise and comprehensive outcomes, providing a deeper understanding of the structure and dynamics of agricultural landscapes.

*Keywords:* clustering algorithms, cluster analysis.

Агроландшафт представляет собой сложную систему, сформированную взаимодействием различных природных, социально-экономических и технических факторов. В последние годы с развитием методов анализа данных и алгоритмов машинного обучения стало возможным более глубокое изучение агроландшафтов, включая их классификацию и анализ. В данной статье рассматриваются различные методы кластеризации и их применение для классификации агроландшафтов на основе графических и лексических данных.

Кластеризация – это метод анализа данных, позволяющий группировать объекты на основе их признаков так, чтобы объекты в одной группе (кластере) были более похожи друг на друга, чем на объекты из других групп. В агрономии и экологии кластеризация может помочь определить типы агроландшафтов, выявить паттерны распределения сельскохозяйственных культур и оценить влияние различных факторов на агрономическую продуктивность.

Существует множество методов кластеризации, каждый из которых подходит для различных типов данных и задач. Рассмотрим несколько наиболее распространенных:

- алгоритм *k*-средних. Один из самых популярных методов, который работает путем разбиения набора данных на *k* кластеров. Алгоритм итеративно обновляет центры кластеров и распределяет объекты по кластерам, уменьшая сумму квадратов расстояний между объектами и центрами кластеров. Этот метод прост в реализации и хорошо работает при наличии четкой структуры в данных;

- иерархическая кластеризация. Данный метод строит древовидную структуру (дендрограмму) для хранения информации о группировках объектов. Иерархическая кластеризация может быть агломеративной (снизу вверх) или дивизивной (сверху вниз). Этот метод подходит для случаев, когда данные имеют сложную иерархическую структуру, что часто встречается в агроландшафтах;

- DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise). DBSCAN – это алгоритм, который объединяет объекты на основе плотности их распределения. Он хорошо справляется с шумом в данных и может выявлять кластеры произвольной формы, что важно для анализа агроландшафтов, где границы между культурами могут быть размытыми.

Различная графическая информация позволяет получать представление о состоянии растительности, типах почвы и других характеристиках. Обработка изображений и алгоритмы кластеризации, такие как *k*-средние, могут быть использованы для выделения различных типов агроландшафтов на основе цветовых и текстурных признаков.

Анализ текстов, посвященных агрономическим практикам и инновациям, может помочь в классификации и сопоставлении агроландшафтов. Алгоритмы, такие как Latent Dirichlet Allocation (LDA), могут быть использованы для выделения тем и группировки текстовой информации.

Практика показывает, что применение нейронечеткой обработки качественных характеристик окружающей среды позволяет реализовать кластеризацию ландшафтных данных. Данный подход может

быть применен при обработке визуальных и лексических данных, в том числе с целью кластеризации агроландшафта. Преимущество данного подхода заключается в том, что обрабатываемые данные предварительно формируют нечеткие правила, что позволяет уменьшить количество слоев нейронной сети, тем самым ускорить обучение и получение результата.

Алгоритмы кластеризации представляют собой мощный инструмент для анализа агроландшафтов. Использование различных методов, таких как *k*-средние, иерархическая кластеризация и DBSCAN, в сочетании с графическими и лексическими данными, позволяет получить более полное представление о структуре и динамике агроландшафтов. Эти подходы могут помочь агрономам и экологам в принятии решений и в разработке эффективных стратегий управления ресурсами, что в конечном итоге приводит к повышению продуктивности и устойчивости сельского хозяйства.

#### ***Список использованных источников***

1. Казиев, Г. З. Модели и методы кластеризации больших данных для их анализа / Г. З. Казиев, В. В. Курдюков // Инновации в формировании стратегического вектора развития фундаментальных и прикладных научных исследований : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 20–21 ноября 2015. – СПб. : ООО «Редакционно-издательский центр «КУЛЬТ-ИНФОРМ-ПРЕСС», 2015. – С. 113 – 116.
2. Слезин, К. А. Аналитические и процедурные модели интеллектуальной геоинформационной системы визуализации контуров лесных пожаров : дис. ... канд. техн. наук : 05.25.05: 18.04.2019. / К. А. Слезин. – Тамбов, 2019. – 146 с.

#### ***References***

1. Kaziev, G. Z. Models and Methods for Clustering Large Data for Analysis / G. Z. Kaziev, V. V. Kurdyukov // Innovations in Forming the Strategic Vector of Development for Fundamental and Applied Scientific Research: Collection of Scientific Papers of the International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, November 20–21, 2015. – St. Petersburg : LLC “Editorial and Publishing Center 'CULT-INFORM-PRESS’”, 2015. – P. 113 – 116.
2. Slezin, K. A. Analytical and Procedural Models of an Intelligent Geographic Information System for Visualizing Forest Fire Contours : PhD Thesis in Technical Sciences: 05.25.05 : April 18, 2019 / K. A. Kirill. – Tambov, 2019. – 146 p.

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРЕДСКАЗАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА**

*Аннотация.* Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от множества факторов, включая климатические условия, тип почвы, агротехнические практики и сортовые характеристики растений. В современном сельском хозяйстве важность точного прогнозирования урожайности не может быть переоценена, так как оно позволяет фермерам оптимизировать свои ресурсы, повысить эффективность производства и адаптироваться к изменениям окружающей среды. Одним из наиболее перспективных подходов к решению данной задачи является использование методов кластерного анализа, который позволяет выявлять скрытые связи между различными факторами и формировать высокоточные модели предсказания урожайности.

*Ключевые слова:* принятие решений, кластерный анализ.

**N. V. Gomzov**

(Department of Information Systems and Information Protection,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **INTELLIGENT SYSTEM FOR YIELD PREDICTION BASED ON CLUSTER ANALYSIS**

*Abstract.* Crop yields are influenced by various factors, such as climate, soil type, farming practices, and plant variety. Accurate yield forecasting is crucial in modern agriculture to optimize resource allocation, enhance production efficiency, and adapt to changing environmental conditions. One promising approach to addressing this challenge is the application of cluster analysis techniques, which facilitates the identification of hidden correlations between different factors and enables the development of highly precise yield prediction models.

*Keywords:* decision-making, clustering analysis.

Кластерный анализ – это статистический метод, который применяется для группы объектов (в данном случае – сельскохозяйственных культур и их условий роста), разделяя их на кластеры на основе схожести между ними. В сельском хозяйстве использование кластерного анализа позволяет выделить группы культур, обладающих сходными характеристиками и требованиями к окружающей среде, что значительно упрощает процесс анализа данных.

Применяя кластеризацию к агрономическим данным, исследователи могут определить ключевые факторы, влияющие на урожайность, а также

выявить закономерности, которые могут быть неочевидны при использовании традиционных методов анализа. Основными этапами кластерного анализа являются сбор данных, их предварительная обработка, выбор метода кластеризации (например, иерархическая кластеризация, k-средние или алгоритмы на основе плотности) и интерпретация результатов.

Нечеткая логика и лингвистические переменные помогают работать с неопределенными данными, расширяя классическую логику. Нечеткая логика позволяет значениям находиться в диапазоне от 0 до 1, отражая степень принадлежности к множеству. Лингвистические переменные описывают данные словами, такими как «влажная» или «сухая», а не числовыми значениями. Их совместное использование позволяет более гибко моделировать сложные системы и улучшать точность предсказаний в ситуациях с неопределенными или неточными данными.

Понимание взаимосвязей данных, оказывающих влияние на урожайность, позволяет фермерам и агрономам проводить более точные прогнозы урожайности и эффективно планировать свои действия.

Модели кластеризации могут быть использованы для создания более точных и адаптивных прогнозов урожайности, проводя сегментацию данных по различным параметрам. Например, с помощью кластерного анализа можно выделить группы полей с похожими климатическими условиями и характером почвы и на этой основе разработать специфические рекомендации по посадке тех или иных культур.

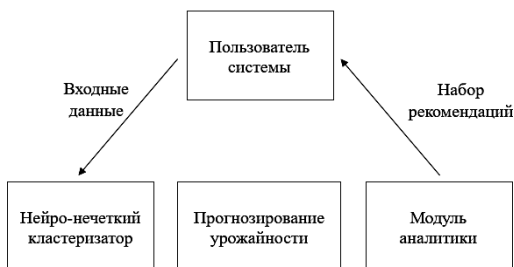
Принятие решений в сложных системах может быть затруднено из-за неопределенности и сложности данных, что делает использование традиционных методов анализа недостаточным. Традиционные методы анализа часто предполагают, что данные точны и полны, однако в реальности данные могут быть неполными, неточными или изменчивыми. Это приводит к рискам ошибок в прогнозах и принятии решений, так как такие методы могут не учитывать скрытые закономерности и сложности данных.

Решением проблемы принятия решений о засеве агроландшафта может стать разработка интеллектуальной системы предсказания урожайности на основе кластерного анализа графических и лексических данных.

Система, представленная на рис. 1, состоит из трех модулей:

- модуль ввода и нейронечеткой кластеризации данных, предназначенный для формирования правил и методов прогнозирования урожайности;
- модуль прогнозирования, генерирующий данные о вероятной урожайности;
- модуль аналитики, формирующий набор рекомендаций для пользователя системы.





**Рис. 1.** Схема интеллектуальной системы помощи принятия решения

Отличительной особенностью предлагаемой системы является наличие модуля нейронечеткой кластеризации, который использует графическую и лексическую информацию, в том числе нормативные документы, планы, а также информацию о посевах в предыдущие сезоны. Он позволяет получить наиболее точный набор правил и методов для прогнозирования урожайности той или иной культуры в заданный период.

Разработка моделей предсказания урожайности на основе кластерного анализа открывает новые горизонты для агрономии. Этот подход позволяет более глубоко понять взаимосвязь между факторами, влияющими на урожайность и, как следствие, делать более точные прогнозы. Внедрение таких систем поможет фермерам оптимизировать свои агротехнические практики, повысить продуктивность и адаптироваться к изменяющимся условиям.

#### **Список использованных источников**

1. Теория и методы разработки управленческих решений. Поддержка принятия решений с элементами нечеткой логики : учебное пособие / О. Н. Лучко, В. А. Маренко, Р. Р. Гирфанов, С. В. Мальцев. – Омск : Омский государственный институт сервиса, Омский государственный технический университет, 2012. – 110 с.
2. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур с использованием нейронных сетей / И. Ю. Савин, Д. Статакис, Т. Нэгр, В. А. Исаев // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – М. : Редакция журнала «Доклады РАСХН», 2007. – № 7. – С. 11 – 14.

#### **References**

1. Theory and Methods of Managerial Decision-Making. Decision Support with Elements of Fuzzy Logic : Textbook / O. N. Luchko, V. A. Marenko, R. R. Girfanov, S. V. Maltsev. – Omsk : Omsk State Institute of Service, Omsk State Technical University, 2012. – 110 p.
2. Forecasting Agricultural Crop Yields Using Neural Networks / I. Yu. Savin, D. Statakis, T. Negri, V. A. Isaev // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. – M. : Editorial Board of the Journal "Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences", 2007. – No. 7. – P. 11 – 14.

**Ю. А. Губсков, С. М. Каданцев**  
(Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ  
(учебный и испытательный), г. Тамбов, Россия)

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ  
В СРЕДСТВАХ НАВИГАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ  
В СИСТЕМЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

*Аннотация.* Данные об актуальном местоположении в системах позиционирования беспилотных летательных аппаратов, используемых для внесения удобрений и пестицидов, содержат естественные ошибки, затрудняющие корректировку траектории. Применение математического аппарата прогнозирования временных рядов позволяет значительно снизить ошибки и предотвратить случайные выбросы одиночных измерений, способные привести к сбою навигации.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, временные ряды, прогнозирование, авторегрессионная модель, нейросеть.

**Yu. A. Gubskov, S. M. Kadantsev**  
(Interspecific Center For Training and Combat Use of Electronic  
Warfare Troops (training and testing), Tambov, Russia)

**TIME SERIES FORECASTING IN UNMANNED AERIAL VEHICLE  
NAVIGATION SYSTEMS IN PRECISION FARMING**

*Abstract.* The current location data in the positioning systems of unmanned aerial vehicles used to apply fertilizers and pesticides contains natural errors that make it difficult to adjust the trajectory. The use of mathematical apparatus for forecasting time series allows to significantly reduce errors and prevent random outliers of single measurements, which can lead to navigation failure.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, time series, forecast, autoregressive model, neural network.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в настоящее время все активнее используются в сельском хозяйстве. Они представляют собой удобное и эффективное средство для контролируемого дифференцированного внесения на поля различных удобрений и средств защиты растений.

Система навигации БПЛА сельскохозяйственного назначения базируется на привязке к базовой станции и локальном позиционировании относительно нее в связанной системе координат. В большинстве ситуаций этого достаточно для выполнения поставленных задач. Однако возможны различные сбои, потеря контакта с базовой станцией – в этом случае

БПЛА переходит на систему глобального позиционирования, получая данные с навигационных спутников. При этом ошибка каждого отдельного измерения возрастает на порядок, и задача сведения ее к минимуму становится весьма актуальной.

Координаты актуального положения БПЛА, преобразованные в прямоугольные декартовы  $(X, Y, Z)$ , определяются системой позиционирования последовательно через равные промежутки времени. Таким образом, каждая из координат  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_i\}$ ,  $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_i\}$ ,  $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_i\}$  является временным рядом. В данной работе предлагается актуальные координаты БПЛА в каждый момент времени получать не с датчиков, а по результатам прогнозирования временных рядов на основе  $n$  его предшествующих членов для каждой из трех координат, а данные, получаемые с датчиков, записывать во временной ряд и использовать для вычисления актуального положения в следующие моменты времени. При этом  $n$  следует выбирать соответствующим временному интервалу, меньшему, чем время, необходимое на совершение любого из стандартных маневров. Поскольку любой элемент временного ряда можно представить в виде  $X_k = X'_k + \varepsilon_k$  – суммы истинного значения и ошибки, имеющей нормальное распределение с нулевым средним, то увеличение  $n$  приведет к уменьшению ошибки, по сравнению с одиночным измерением.

Простейшая авторегрессионная модель [1, 2] предполагает, что последующее значение временного ряда линейно зависит от  $n$  предыдущих:

$$X_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i X_{t-i} + \varepsilon.$$

Здесь  $\alpha_i$  – некие постоянные коэффициенты;  $\varepsilon$  – ошибка. Если ряд близок к линейному, что характерно для траектории БПЛА, обрабатывающего поле, возможно применить коэффициенты для линейного закона изменения. Примем для определенности, что  $n$  четное, тогда

$$X_t = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} X_{t-i} + \frac{2}{n} \sum_{i=1}^{n/2} (X_{t-i} - X_{t-i-n/2}).$$

При  $n \gg 1$  среднеквадратическое отклонение случайной ошибки прогнозируемого измерения будет составлять  $\frac{\sqrt{10}}{2\sqrt{n}} \approx \frac{1,6}{\sqrt{n}}$  от среднеквадратического отклонения ошибки фактического одиночного измерения, что весьма существенно снижает флуктуации измерений.

Весьма перспективным также является применение нейросетевого предсказания временных рядов [3]. При этом обучение целесообразно проводить на уже записанных данных, подавая на вход  $n$  последовательных членов ряда и сравнивая результат со значением  $(n + 1)$ -го элемента. Плюсом нейросетевого подхода, по сравнению с авторегрессионным, является более корректное прогнозирование данных при поворотах БПЛА.

Результатом применения обоих подходов является более стабильное позиционирование БПЛА, лучшая устойчивость к различного рода сбоям и помехам.

#### ***Список использованных источников***

1. Ярушкина, Н. Г. Интеллектуальный анализ временных рядов : учебное пособие / Н. Г. Ярушкина, Т. В. Афанасьева, И. Г. Перфильева. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 320 с.
2. Прогнозирование временных рядов: нечеткие модели / Т. В. Афанасьева, А. М. Наместников, И. Г. Перфильева и др. : под науч. ред. Н. Г. Ярушкиной. – Ульяновск : УлГУ, 2014. – 145 с.
3. Круглов, В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети : учебное пособие / В. В. Круглов, Р. Ю. Голунов. – М. : Изд-во физ-мат. литературы, 2001. – 224 с.

#### ***References***

1. Yarushkina, N. G. Intellectual analysis of time series : a textbook / N.G. Yarushkina, T. V. Afanasyeva, I. G. Perfilieva. – Ulyanovsk : UISTU, 2010. – 320 p.
2. Forecasting time series: fuzzy models / T. V. Afanasieva, A. M. Namestnikov, I. G. Perfilieva, et al. ; under the scientific editorship of N. G. Yarushkina. – Ulyanovsk : UISU, 2014. 145 p.
3. Kruglov, V. V. Fuzzy logic and artificial neural networks : a textbook / V. V. Kruglov, R. Yu. Golunov. – M. : Publishing House of Physics and Mathematics. literature, 2001. – 224 p.

**Ю. А. Губсков, С. М. Каданцев**  
(Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ  
(учебный и испытательный), г. Тамбов, Россия)

## **ТЕХНОЛОГИЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА В СИСТЕМАХ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ПОЛЕВОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

*Аннотация.* Системы машинного зрения на сельскохозяйственной технике, используемой для полевых работ, имеют дело с большим потоком данных с дальномеров, входящих в их состав. Использование технологий кластерного анализа позволит автоматически разделить и классифицировать обнаруженные препятствия, что открывает возможности для оптимизации маршрутов ее передвижения.

*Ключевые слова:* радар, лидар, система машинного зрения, кластерный анализ, классификация, нечеткая логика.

**Yu. A. Gubskov, S. M. Kadantsev**  
(Interspecific Center For Training and Combat Use of Electronic  
Warfare Troops (training and testing), Tambov, Russia)

## **CLUSTER ANALYSIS TECHNOLOGY IN MACHINE VISION SYSTEMS OF FIELD AGRICULTURAL MACHINERY**

*Abstract.* Machine vision systems on agricultural machinery used for field work deal with a large flow of data from the rangefinders included. The use of cluster analysis technologies will allow for the automatic separation and classification of detected obstacles, which opens up opportunities for optimizing its travel routes.

*Keywords:* radar, lidar, machine vision systems, cluster analysis, classification, fuzzy logic.

Активные лазерные и оптико-электронные дальномеры (радары, лидары и пр.) в настоящее время находят активное применение в системах объективного контроля местоположения и траекторий движения сельскохозяйственной техники, используемой в ходе сезонных полевых работ. Они являются частью системы машинного зрения, призванной обеспечить их движение по полю по оптимальной траектории, а также безопасность движения, что особенно актуально в условиях недостаточной видимости.

Сигнал с лидара либо иного применяемого дальномера после обработки представляет собой набор полярных координат точек объектов, отразивших излученный сигнал и, следовательно, представляющих собой препятствия. Набор таких двумерных координат, полу-

чаемых в процессе движения и приведенных к реперному нулевому значению, представляет собой массив данных, кластеризация которых позволит определить положение, размер и характер препятствий. На основе этих данных возможно получить актуальную картину обрабатываемого поля, построить и задать оптимальную траекторию последующего движения.

Таким образом, мы имеем массив  $n$  измерений  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ , подлежащих кластеризации. Каждое измерение массива представляет собой пару координат на плоскости, приведенных для простоты последующей обработки к декартовому виду:  $X_i = (a_i, b_i)$ . В качестве метрики, определяющей меру сходства объектов кластеризации, в данном случае разумно принять евклидову, т.е. использовать понятие расстояния в буквальном, геометрическом смысле:

$$D(X_i, X_j) = \left( (a_i - a_j)^2 + (b_i - b_j)^2 \right)^{1/2}.$$

Из алгоритмов кластеризации [1] предпочтительным для рассматриваемой задачи является Вроцлавская таксономия, поскольку она не предполагает усреднения параметров кластера среди объединенных элементов в процессе работы алгоритма, а имеет дело с расстоянием между исходными элементами, что позволяет корректно объединять в один кластер длинные препятствия, вытянутые в одном измерении. На первом этапе строится матрица попарных расстояний между объектами, имеющая симметричный вид и нулевую главную диагональ:

$$D = \begin{pmatrix} 0 & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{12} & 0 & \dots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{1n} & d_{2n} & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

В каждом столбце (или строке) данной матрицы находится минимальное значение среди попарных расстояний, далее строится граф: вначале берется минимальная из величин для всей матрицы, далее последовательно к отложенным объектам откладываются минимальные расстояния из столбцов, соответствующих конечным объектам графа, и алгоритм повторяется. После построения графа-дендрита производится разделение на кластеры по величине порогового расстояния между объектами. В данной задаче пороговое расстояние разумно выбирать соответствующим габаритным размерам используемых сельхозмашин на основе предположения, что если это различные объекты, то машина сможет проехать между ними. Таким образом, результатом кластеризации будут данные о количестве препятствий и о геометрии каждого из них.

На дальнейшем этапе целесообразно отнести обнаруженных объектов (которыми теперь уже являются не элементарные измерения, а препятствия целиком) к одному из заранее определенных классов. Классификацию оптимально проводить в рамках нечеткой логики [2 – 4] с разработкой для каждого класса функций принадлежности, основанных на их геометрических характеристиках. Функция принадлежности должна выявлять характерные особенности каждого класса, показывая степень корреляции рассматриваемого и эталонного объектов. При наличии  $m$  выявленных объектов (препятствий) и  $k$  заранее определенных классов итогом работы будет матрица соответствия размером  $m \times n$ :

$$M = \begin{pmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \cdots & \mu_{1n} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \cdots & \mu_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{m1} & \mu_{m2} & \cdots & \mu_{mn} \end{pmatrix}.$$

Здесь  $\mu_{ij}$  – степень принадлежности  $i$ -го элемента  $j$ -му классу,  $0 \leq \mu_{ij} \leq 1$ .

Данная информация является максимально полной для дальнейшего построения и оптимизации маршрутов передвижения сельскохозяйственной техники для проведения полевых работ.

#### ***Список использованных источников***

1. Гайдышев, И. П. Анализ и обработка данных: специальный справочник / И. П. Гайдышев. – СПб. : Питер, 2001. – 751 с.
2. Рыжов, А. П. Элементы теории нечетких множеств и ее приложений / А. П. Рыжов. – М. : Диалог-МГУ, 2003.
3. Bezdek, J. C. Pattern Recognition With Fuzzy Objective Functional Algorithms / J. C. Bezdek. – NewYork : Plenum Press, 1981.
4. Вятчинин, Д. А. Нечеткие методы автоматической классификации / Д. А. Вятчинин. – Мн. : УП «Технопринт», 2004. – 219 с.

#### ***References***

1. Gaidyshev, I. P. Data analysis and processing: a special reference book / I. P. Gaidyshev. – St. Petersburg : St. Petersburg, 2001. – 751 p.
2. Ryzhov, A. P. Elements of the theory of fuzzy sets and its applications / A. P. Ryzhov. – M. : Dialog-MSU, 2003.
3. Bezdek, J. C. Pattern Recognition With Fuzzy Objective Functional Algorithms / J. C. Bezdek. – NewYork : Plenum Press, 1981.
4. Vyatchenin, D. A. Fuzzy methods of automatic classification / D. A. Vyatchenin. – Mn. : UP “Technoprint”, 2004. – 219 p.

**К. А. Слезин**

(Кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: ipu@mail.ahp.tstu.ru, postmaster@nauka.tstu.ru)

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ УДОБРЕНИЯ АГРОКУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА**

*Аннотация.* Рассмотрена проблема рационального внесения удобрений в целях повышения урожайности и снижения негативного воздействия на окружающую среду. Избыточное или неэффективное использование удобрений может привести к загрязнению и снижению плодородия почвы. В качестве решения предложен программно-аппаратный комплекс, включающий интеллектуальную систему принятия решений и комплекс беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Интеллектуальная система, основанная на модулях кластеризации и маршрутизации, автоматически генерирует оптимальные маршруты для БПЛА, учитывая разнообразные факторы, такие как рельеф местности, погодные условия, параметры культур и характеристики оборудования. В результате применения данного подхода обеспечивается точное внесение удобрений, что способствует снижению затрат, уменьшению экологического воздействия и повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

*Ключевые слова:* интеллектуальная система, БПЛА, кластеризация.

**К. А. Slezin**

(Department of Information Systems and Information Protection,  
TSTU, Tambov)

## **INTELLIGENT SYSTEM FOR OPTIMIZING CROP FERTILIZATION ROUTES USING UAVs**

*Abstract.* The article discusses the importance of rational use of fertilizers in agriculture to maximize yields while minimizing environmental impact. Improper or excessive use of fertilizers can lead to pollution and erosion of soil fertility, which can negatively affect agricultural productivity. To address this challenge, a novel hardware and software system is proposed, comprising an intelligent decision-making algorithm and a fleet of unmanned aerial vehicles (UAVs). The intelligent algorithm utilizes clustering and optimization techniques to automatically generate the optimal route for each UAV based on factors such as topography, weather conditions, crop type, and equipment specifications. By precisely targeting fertilizer application, this approach can reduce costs, minimize environmental damage, and enhance agricultural productivity.

*Keywords:* intelligent system, unmanned aerial vehicle, clustering.



В агропромышленности автоматизированные системы активно применяются для повышения эффективности производства, снижения затрат и минимизации воздействия на окружающую среду. Современные технологии, такие как комбайны с элементами автопилота, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и роботизированные системы, играют ключевую роль в автоматизации сельскохозяйственных процессов.

Удобрение является важным аспектом выращивания агрокультур, поскольку оно обеспечивает растения необходимыми питательными веществами, такими как азот, фосфор и калий, способствующими их здоровому росту и повышению урожайности. Правильное внесение удобрений позволяет улучшить качество почвы, оптимизировать потребление воды и минимизировать стрессовые факторы, влияющие на растения. Однако неэффективное или чрезмерное использование удобрений может привести к загрязнению окружающей среды, снижению плодородия почвы и повышению затрат на производство.

Решением данной проблемы является использование программно-аппаратного комплекса, состоящего из интеллектуальной системы принятия решений и комплекса БПЛА.

Интеллектуальная система, состоящая из модулей кластеризации и маршрутизации, генерирует полетные программы, описывающие оптимальные маршруты БПЛА.

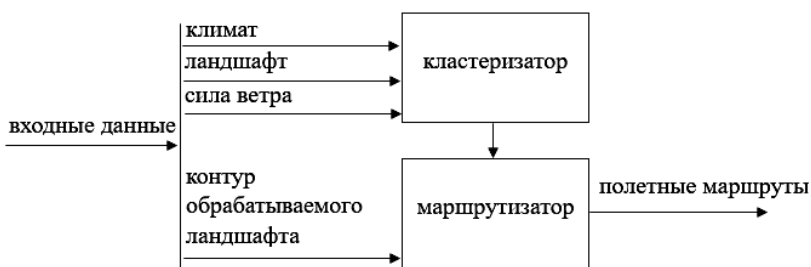


Рис. 1. Схема интеллектуальной системы

Предлагаемая система позволит в полной мере оценить качественные характеристики климатической обстановки, ландшафта, расположенных на местности построек, а также параметры выращиваемых культур, необходимых для них удобрений, количество и характеристики доступных БПЛА и в автоматическом режиме построить оптимальные маршруты с учетом грузоподъемности, дальности полета, скорости ветра, обильности осадков, сложности рельефа и других параметров.

В результате исследования был разработан подход к оптимизации маршрутов внесения удобрений с использованием интеллектуальной системы на базе БПЛА, что позволило повысить точность и эффективность процесса. Интеграция беспилотных летательных аппаратов с системами точного земледелия обеспечивает сбор данных о состоянии посевов в реальном времени и адаптацию маршрутов с учетом особенностей рельефа и характеристик почвы. Это в свою очередь способствует рациональному использованию удобрений, снижению затрат на ресурсы и минимизации экологического воздействия. Применение таких технологий позволяет не только увеличить урожайность, но и улучшить устойчивость агропромышленных систем к вызовам будущего, открывая перспективы для дальнейшей автоматизации сельского хозяйства и повышения его рентабельности.

#### ***Список использованных источников***

1. Применение беспилотных летательных аппаратов в землеустройстве, сельскохозяйственном производстве и геоэкологическом мониторинге земель / И. Н. Глушков, М. М. Константинов, И. В. Герасименко и др. // Геология, география и глобальная энергия. – Астрахань : Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, 2021. – № 1(80). – С. 156 – 160.
2. Волков, В. А. Построение маршрута беспилотного летательного аппарата в задачах мониторинга и наблюдения / В. А. Волков, В. В. Печенкин // Проблемы управления в социально-экономических и технических системах : материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 13–14 апреля 2023. – Саратов : ИЦ «Наука», 2023. – С. 613 – 618.

#### ***References***

1. Application of Unmanned Aerial Vehicles in Land Management, Agricultural Production, and Geoecological Land Monitoring / I. N. Glushkov, M. M. Konstantinov, I. V. Gerasimenko, et al. // Geology, Geography, and Global Energy. – Astrakhan : Astrakhan State University named after V. N. Tatischev, 2021. – No. 1(80). – P. 156 – 160.
2. Volkov, V. A. UAV Route Planning for Monitoring and Observation Tasks / V. A. Volkov, V. V. Pechenkin // Problems of Management in Socio-Economic and Technical Systems: Proceedings of the XIX International Scientific-Practical Conference, Saratov, April 13–14, 2023. – Saratov : Publishing Center “Nauka”, 2023. – P. 613 – 618.

**К. А. Слезин**

(Кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: ipu@mail.ahp.tstu.ru, postmaster@nauka.tstu.ru)

## **МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

*Аннотация.* Рассмотрены методы оптимизации размещения метеорологических станций для улучшения точности климатического мониторинга. Обсуждаются подходы, такие как метод регулярной сетки, алгоритмы кластеризации и метод максимального покрытия, которые обеспечивают эффективное распределение станций. Однако эти методы не учитывают сложный рельеф, что может приводить к неточностям. Предложены генетические алгоритмы для оптимизации размещения станций в условиях сложного рельефа, что позволит повысить точность данных и улучшить климатический мониторинг.

*Ключевые слова:* методы оптимизации, генетические алгоритмы.

**К. А. Slezin**

(Department of Information Systems and Information Protection,  
TSTU, Tambov)

## **METHODS FOR OPTIMIZING THE PLACEMENT OF METEOROLOGICAL STATIONS**

*Abstract.* The article discusses methods for optimizing the location of meteorological stations in order to improve the accuracy of climate monitoring. Regular grid methods, clustering algorithms and maximum coverage approaches are discussed as methods to ensure efficient station placement, but these methods may not take difficult terrain into account, which could lead to inaccurate data. Genetic algorithms are proposed as a solution to optimize station placement in challenging terrain, with the goal of improving data accuracy and climate monitoring.

*Keywords:* optimization techniques, genetic algorithms.

Климатические условия могут значительно варьироваться в зависимости от рельефа территории, так как рельеф оказывает влияние на ключевые климатические параметры: температуру, осадки, ветры и влажность. Основные факторы, определяющие это влияние, включают высоту над уровнем моря, ориентацию склонов, форму рельефа и наличие горных хребтов.

Оптимизация расстановки метеорологических станций основывается на математических и статистических методах, которые ориенти-

руются на климатические и географические данные. Такие методы помогают обеспечить равномерное покрытие территории и минимизировать погрешности измерений.

Метод регулярной сетки – метод, предполагающий размещение станций на регулярной сетке с равными интервалами. Он часто используется для равнинных территорий или больших регионов с однородным климатом.

Алгоритмы кластеризации данных. Кластеризация данных основана на группировке территорий с похожими климатическими характеристиками. Внутри каждого кластера станции размещаются таким образом, чтобы оптимально охватить все его климатические особенности.

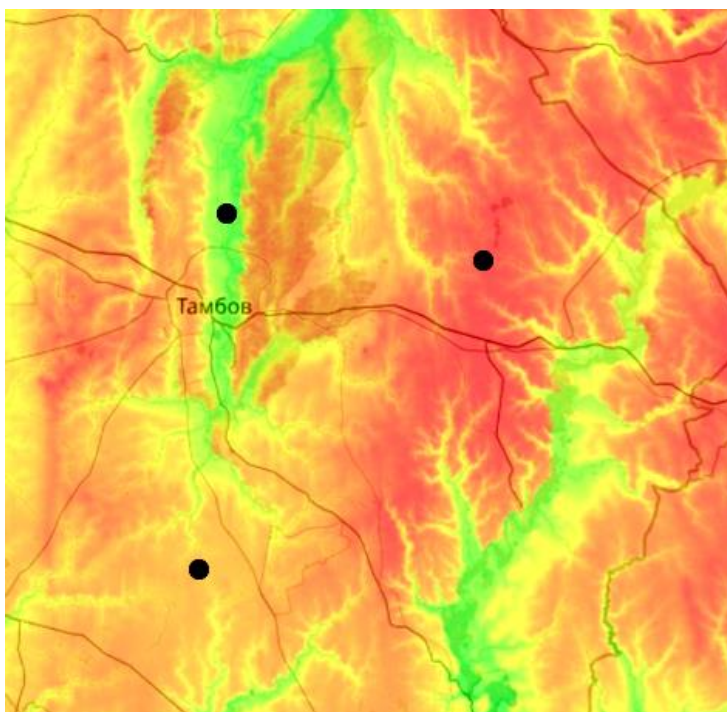
Метод максимального покрытия. Цель метода заключается в том, чтобы минимизировать количество станций, необходимых для покрытия максимальной площади региона. Станции располагаются так, чтобы обеспечивать наибольшую зону покрытия, не перекрывая друг друга.

Данные методы не учитывают особенности ландшафта, что приводит к неточностям при оценке климатических условий в различных областях контролируемой местности. Это может привести к ошибкам в принятии решений, зависящих от точности собранной информации.

На рисунке 1 представлен фрагмент топографической карты Тамбовской области. Размещение метеорологических станций без учета высотных различий рельефа может существенно исказить результаты климатических измерений. Высота над уровнем моря влияет на ключевые климатические параметры, такие как температура, осадки и влажность. Например, на высоте 200 м температура и осадки могут быть значительно различны, по сравнению с уровнями 100 и 160 м.

Игнорирование этих различий при размещении станций может привести к несоответствию собранных данных реальным климатическим условиям на разных высотах. Это в свою очередь может вызвать ошибки в интерпретации климатических данных и принятии решений. Для обеспечения точности климатического мониторинга критически важно учитывать высотные изменения при планировании размещения метеорологических станций.

Решением данной проблемы может стать разработка методов оптимизации размещения метеорологических станций на местности со сложным рельефом, основанных на использовании генетических алгоритмов поиска экстремумов функций многих переменных.



**Рис. 1. Предлагаемое расположение метеорологических станций**

Такие методы позволят не только собирать, но и рассчитывать наиболее точные данные во всех областях контролируемой области.

В заключение заметим, климатические условия существенно зависят от рельефа территории, который влияет на такие параметры, как температура, осадки, ветры и влажность. Разработка методов оптимизации размещения метеорологических станций позволяет эффективно учитывать климатические и географические данные, обеспечивая равномерное покрытие и минимизацию погрешностей измерений. Для повышения точности и адаптивности мониторинга, особенно в сложных рельефных условиях, необходимо разработать новые методы оптимизации, такие как генетические алгоритмы поиска экстремумов функций многих переменных. Эти методы смогут не только улучшить сбор данных, но и обеспечить более точные расчеты климатических характеристик, что в свою очередь повысит эффективность управления климатическими и экологическими процессами в контролируемых областях.

### ***Список использованных источников***

1. Трухачев, А. А. Методы и алгоритмы решения задачи оптимального расположения станций при развитии сетей геофизического мониторинга : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 / А. А. Трухачев. – М., 2007. – 26 с.
2. Зайцев, А. С. Генетический алгоритм, как метод поиска экстремума функций различной сложности / А. С. Зайцев, А. И. Тихонов // ЭНЕРГИЯ-2013 : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Иваново, 23 – 25 апреля 2013. – Иваново : Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина, 2013. – С. 258 – 261.

### ***References***

1. Trukhachev, A. A. Methods and Algorithms for Solving the Problem of Optimal Station Placement in the Development of Geophysical Monitoring Networks : Abstract of Dissertation for the Degree of Candidate of Technical Sciences : 05.13.01 / A. A. Trukhachev. – M., 2007. – 26 p.
2. Zaitsev, A. S. Genetic Algorithm as a Method for Finding Extremum of Functions of Various Complexity / A. S. Zaitsev, A. I. Tikhonov // ENERGY-2013 : Proceedings of the VIII International Scientific-Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, Ivanovo, April 23 – 25, 2013. – Ivanovo: Ivanovo State Energy University named after V. I. Lenin, 2013. – P. 258 – 261.

**Ю. Ю. Громов<sup>1</sup>, И. Н. Ищук<sup>2</sup>, Б. К. Тельных<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,

e-mail: gromovtambov@yandex.ru;

<sup>2</sup>Главное управление инновационного развития, Москва, Россия,

e-mail: boerby76@mail.ru;

<sup>3</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия)

## **АЛГОРИТМ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЙ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В ПОЛЕТЕ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ ПЛАНИРОВАНИЯ И ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТНЫХ ЗАДАНИЙ**

*Аннотация.* В настоящее время операторам беспилотных летательных аппаратов, помимо задачи управления, также необходимо выполнять множество действий, не связанных с проведением полетов, что негативно сказывается на эффективности применения беспилотных летательных аппаратов. Современные средства вычислительной техники позволяют автоматизировать процесс планирования и обработки информации при выполнении полета, а также входить в состав бортовых систем. В работе предложен алгоритм вероятностной оценки состояний беспилотного летательного аппарата в полете с интеллектуальными средствами планирования и выполнения полетных заданий. Сформулирована постановка задачи, описан принцип работы, этапы, реализация и отражены результаты проверки работы представленного алгоритма.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, полетное задание, цепь Маркова, граф состояний, дистанционный мониторинг.

**Yu. Yu. Gromov<sup>1</sup>, I. N. Ishchuk<sup>2</sup>, B. K. Telynykh<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>TSTU, Tambov, Russia;

<sup>2</sup>The Main Department of Innovative Development, Moscow, Russia;

<sup>3</sup>Military Training and Research Center of the Air Force  
“Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky  
and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russia)

## **AN ALGORITHM FOR PROBABILISTIC ASSESSMENT OF THE STATES OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE IN FLIGHT WITH INTELLIGENT MEANS OF PLANNING AND PERFORMING FLIGHT TASKS**

*Abstract.* Currently, operators of unmanned aerial vehicles, in addition to the control task, also need to perform many actions unrelated to conducting flights, which negatively affects the effectiveness of the use of unmanned aerial vehicles.

Modern computer technology makes it possible to automate the process of planning and processing information during flight, as well as to be part of on-board systems. The paper proposes an algorithm for probabilistic assessment of the states of an unmanned aerial vehicle in flight with intelligent means of planning and performing flight tasks. The problem statement is formulated, the principle of operation, stages, implementation are described and the results of checking the operation of the presented algorithm are reflected.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, flight task, Markov chain, state graph, remote monitoring.

Анализ применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для решения задач дистанционного мониторинга показал их высокую эффективность, однако при наличии развитой системы противодействия результативность использования комплексов с БПЛА значительно снижается. Развитие средств вычислительной техники обеспечивают возможность использования на борту БПЛА элементов искусственного интеллекта, которые без участия оператора, исходя из окружающей обстановки, могут выполнять различные маневры летательных аппаратов и работать в автономном режиме. Таким образом, возникает необходимость качественной оценки их технической работы. Работу таких систем можно представить как последовательность смены дискретных состояний, учитывающих внешние воздействия на систему и вероятность перехода ее состояний, что может предсказать наиболее вероятное развитие событий, переход из одного состояния в другое, которое показывает какие коррективы и условия необходимо внести в систему для обеспечения достижения поставленной цели [1]. Эффективность выполнения полетного задания БПЛА может быть оценена с помощью вероятностных методов. В качестве показателей эффективности, как правило, используют значения вероятностей пребывания системы в каждом из заданных состояний в стационарном режиме.

Определение вероятностей состояний системы для полумарковских процессов является сложной, многоэтапной вычислительной задачей. К тому же расчеты могут содержать погрешности в результате применения численных методов для получения оценок вероятностей, а также из-за сложности самой модели системы. В свою очередь, анализ результатов, полученных с использованием аналитических моделей, не в полной мере позволяет учесть все условия, необходимые для успешного результата при выполнении задач на дистанционный мониторинг БПЛА, особенно при наличии на борту интеллектуальных средств планирования и выполнения полетных заданий.



Одной из форм описания таких систем являются полумарковские модели с использованием значений вероятностей пребывания системы в каждом из заданных состояний, при этом определить вероятности состояний для полумарковских процессов является достаточно сложной вычислительной задачей, которая приводит к многоэтапным расчетам. К подобным системам относится выполнение полетного задания БПЛА, требования к которым в настоящее время возрастают с каждым днем.

Разработаем алгоритм вероятностной оценки состояний БПЛА в полете с интеллектуальными средствами планирования и выполнения полетных заданий в условиях средств противодействия, описываемых дискретными состояниями случайных процессов.

В результате работы алгоритма должны быть получены оценки вероятностей состояний системы. При этом система должна быть стохастической (случайной); последующие состояния системы не зависят от предыдущих, уже пройденных множеств возможных состояний, а только от текущего состояния; момент смены состояний системы происходит мгновенно, т.е. является Марковской [2].

Рассмотрим тактический эпизод применения БПЛА средней дальности самолетного типа для решения задачи дистанционного мониторинга, являющийся однородной непрерывной системой Марковской цепи, описывающей систему с  $S_j$  дискретными состояниями и дискретным временем, в которой смена состояний происходит случайно через заданные промежутки времени [3].

Аналитический вид такой системы представляет собой систему уравнений Колмогорова–Чепмена вида [4]

$$\frac{dP_j(t)}{dt} = -P_j(t) \sum_{k=1}^n \lambda_{jk} + \sum_{i=1, i \neq j}^n P_i(t) \lambda_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

где  $P_j(t)$  – вероятность пребывания системы в  $j$ -м состоянии;  $\lambda_{ij}$  – известная интенсивность потока событий, переводящего систему из состояния  $i$  в состояние  $j$ .

Алгоритм вероятностной оценки состояний БПЛА в полете при ведении дистанционного мониторинга (ДМ) рассмотрен в виде графа состояний двух способов выполнения полета по маршруту: способ № 1 – «С интеллектуальными средствами планирования и выполнения полетных заданий (ИСППЗ)», способ № 2 «Без ИСППЗ».

В представленном алгоритме учтено и рассмотрено 10 состояний БПЛА с учетом возникновения особого случая в полете (ОСвП): S1 – БПЛА готов к полету; S2 – Взлет БПЛА; S3 – Полет в район ДМ;

S4 – Ведение ДМ; S5 – Выход из района ДМ; S6 – Посадка БПЛА; S7 – ОСвП на взлете; S8 – ОСвП в полете; S9 – ОСвП при посадке; S10 – Потеря БПЛА.

Рассматриваемая модель представляет собой прямостохастическую матрицу переходов стохастического процесса, перераспределения состояний, которые показывают эволюцию детерминированных распределений состояний с течением времени от начального распределения.

Матрицы переходов состояний учитывают возникновение ОСвП в результате отказа БПЛА по техническим причинам, так и возникновение ОСвП в результате воздействия на БПЛА средств противодействия.

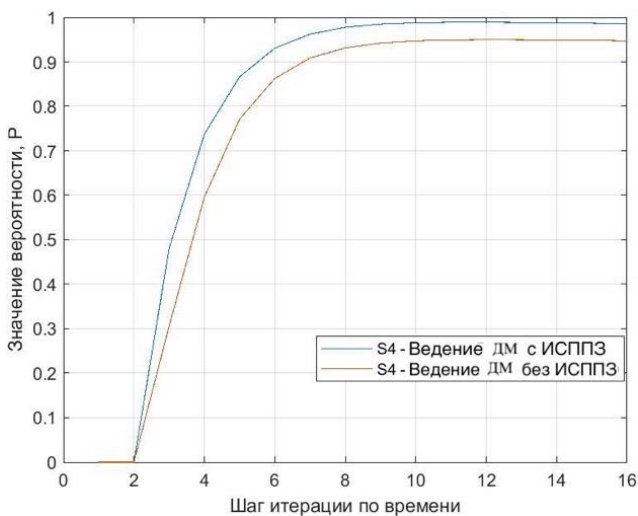
Алгоритм вероятностной оценки состояний применения БПЛА реализуем в среде программирования Matlab.

При моделировании были заданы следующие параметры:

$\lambda = [0.0 \ 0.02 \ 0.5 \ 0.9 \ 0.2 \ 0.02 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.0]$  – вектор интенсивности переходов;

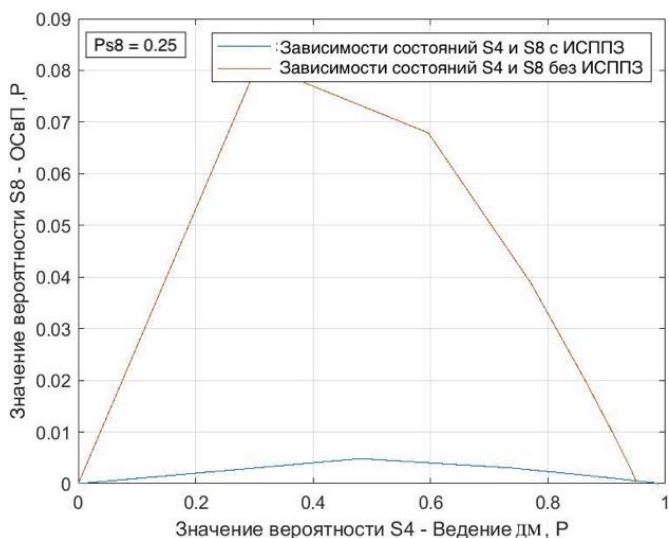
$X = [0.0 \ 1.0 \ 0.0 \ 0.0 \ 0.0 \ 0.0 \ 0.0 \ 0.0 \ 0.0 \ 0.0]$  – вектор начального состояния системы.

На рисунках 1, 2 представлены вероятностно-временные характеристики нахождения БПЛА в заданных состояниях.



**Рис. 1. График состояния S4 – Ведение ДМ без ИСППЗ и с использованием ИСППЗ**

График изменения состояния S4 показывает, что вероятность ведения ДМ после выхода в заданный район стремится к единице, однако с течением времени незначительно снижается из-за возникновения технического отказа БПЛА в полете. В случае воздействия средств противодействия, влияние которого учтено в матрице состояний как возникновение ОСвП в полете, вероятность которого составляет 0,2, вероятность ведения ДМ в условиях противодействия не превышает значение 0,95. Следовательно, увеличение вероятностей возникновения ОСвП на 0,2 приводит к снижению вероятности выполнения задачи ВЗР менее чем на 0,05.



**Рис. 2. График зависимости состояний S4 – Ведение ДМ и S8 – ОСвП в полете**

Анализ графика показывает, что при самых неблагоприятных исходах с использованием ИСППЗ в результате возникновения ОСвП (при  $Ps8 = 0,25$ ), задача ведения ДМ будет выполнена с вероятностью 0,5. При возникновении ОСвП на БПЛА при самых неблагоприятных исходах без использования ИСППЗ вероятность ведения ДМ составит 0,3.

Таким образом, разработанный алгоритм вероятностной оценки состояний БПЛА в полете в условиях ОСвП позволяет получить качественные оценки вероятностей состояний системы с учетом использования ИСППЗ. Результаты моделирования показывают, что разрабо-

танный алгоритм позволяет исследовать влияние параметров на систему и вносить в них коррективы для получения необходимых качеств системы, в частности комплекса с БпЛА. Получение вероятностных оценок состояний модели могут являться основой принятия решений о соответствии системы ИСППЗ необходимым требованиям, а также проверки качества полученных результатов аналитических моделей систем.

#### *Список использованных источников*

1. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения : монография / под ред. Ю. Л. Козирацкого. – М. : Радиотехника, 2013. – 232 с.
2. Imomov, Azam A. On long-term behavior of continuous-time Markov branching processes allowing immigration / Imomov Azam A. // Journal of the Siberian Federal University. Mathematics and Physics. – 2014. – No. 10(1). – P. 117 – 127.
3. Фадин, А. Г. Моделирование радиоэлектронных систем на ЭВМ / А. Г. Фадин. – Воронеж : ВИРЭ, 2000. – 493 с.
4. Горин, А. Н. Применение программной среды Matlab для имитационного моделирования сложных систем военного назначения / А. Н. Горин, С. А. Будников // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – No. 1. – С. 221 – 251.

#### *References*

1. Models of information conflict of search and detection tools : monograph / Edited by Yu. L. Koziratsky. – M. : Radio Engineering, 2013. – 232 p.
2. Imomov, Azam A. On long-term behavior of continuous-time Markov branching processes allowing immigration / Imomov, Azam A. // Journal of the Siberian Federal University. Mathematics and Physics. – 2014. – No. 10(1). – P. 117 – 127.
3. Fadin, A. G. Modeling of electronic systems on a computer / A. G. Fadin. – Voronezh : VIRE, 2000. – 493 p.
4. Gorin, A. N. Application of the Matlab software environment for simulation of complex military systems / A. N. Gorin, S. A. Budnikov // Control, communications and security systems. – 2019. – No. 1. – P. 221 – 251.

**Секция 3**  
**МАШИНЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ**  
**ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ГЛУБОКОЙ**  
**КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ**  
**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

---

---

УДК 631.563.9

**Д. Д. Афоничева**  
(Факультет технологии и товароведения,  
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени Петра I,  
г. Воронеж, Россия,  
e-mail: <http://vsau.ru>, [daria.afonicheva@yandex.ru](mailto:daria.afonicheva@yandex.ru))

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛИРОВАНИЯ**  
**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**  
**В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ БУНКЕРАХ**

*Аннотация.* Предложена система вентилирования сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах, основная особенность которой заключается в том, что каждая секция секционного полого аэратора сверху накрыта заглушкой, а снизу соединена с коленчатым входным каналом, выведенным на наружную сторону стенки бункера и присоединенным к подающему воздуховоду через запорно-регулирующее устройство.

*Ключевые слова:* секционный полый аэратор, коленчатый входной канал, сельскохозяйственная продукция, хранение, вентилирование.

**D. D. Afonicheva**  
(Faculty of Technology and Commodity Science,  
Voronezh State Agrarian University named  
after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia)

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF VENTILATION**  
**OF AGRICULTURAL PRODUCTS IN CYLINDRICAL BINS**

*Abstract.* A ventilation system for agricultural products in cylindrical bunkers is proposed, the main feature of which is that each section of the sectional hollow aerator is covered with a plug from above, and from below it is connected to a crankshaft inlet channel located on the outer side of the hopper wall and connected to the supply duct through a shut-off and regulating device.

*Keywords:* sectional hollow aerator, cranked inlet channel, agricultural products, storage, ventilation.

Обзор систем вентилирования сельскохозяйственной продукции [1 – 4, 6], показал, что все известные варианты имеют общие недостатки, а именно, низкоэффективное вентилирование продукции и высокие энергозатраты. Для устранения указанных недостатков предложена система принудительного вентилирования сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах [5], которая включает секционные полые аэраторы, расположенные в бункере вертикально с внутренней стороны его стенки на равном расстоянии друг от друга; установленную вертикально в бункере вентиляционную трубу, направленную в сторону воздухоотвода, выполненного в центре крышки бункера; подающие воздуховоды, расположенные у наружной стороны стенки бункера и оснащенные устройствами нагнетания воздуха. Каждая секция секционного полого аэратора включает в себя задний элемент в виде пластины, закрепленной болтами за стенку бункера, и передний элемент, на выпуклых поверхностях которого выполнены отверстия с диаметрами, меньшими диаметра частиц сельскохозяйственной продукции, передний элемент дополнительно оснащен бортами, которыми через прокладку опирается на задний элемент, и фиксируется винтами. Каждая секция секционного полого аэратора сверху накрыта заглушкой, а снизу соединена с коленчатым входным каналом, выведенным на наружную сторону стенки бункера и присоединенным к подающему воздуховоду через запорно-регулирующее устройство. Секции в секционном полом аэраторе расположены с зазорами, обеспечивающими размещение заглушки и коленчатого входного канала, и закрытыми кожухами, имеющими такую же форму, как передний элемент секции.

Кожух крепится болтами к стенке бункера. Вентиляционная труба, имеющая отверстия с диаметрами, меньшими диаметра частиц сельскохозяйственной продукции, равномерно распределенные по высоте и окружности, нижним концом закреплена за опору, установленную в центре пола бункера, а верхней частью закреплена цепями за крышку бункера, в верхнем конце вентиляционной трубы вмонтирован всасывающий механизм, а сверху вентиляционной трубы установлена крышка.

Конструктивное исполнение секционного полого аэратора, при котором каждая его секция сверху накрыта заглушкой, а снизу – соединена с коленчатым входным каналом, выведенным на наружную сторону стенки бункера и присоединенным к подающему воздуховоду через запорно-регулирующее устройство, секции в секционном полом аэраторе расположены с зазорами, обеспечивающими размещение

заглушки и коленчатого входного канала, и закрытыми кожухами, имеющими такую же форму, как передний элемент секции, обеспечивает возможность независимого нагнетания воздуха в каждую секцию. Таким образом, в нижние секции секционных полых аэраторов можно подавать больше воздуха, чем в верхние, или обеспечивать более продолжительное вентилирование сельскохозяйственной продукции, расположенной в нижней части бункера. Кроме того, возможно независимое вентилирование отдельных зон, в которых выявлена повышенная влажность сельскохозяйственной продукции. Таким образом, повышается эффективность вентилирования сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах. Независимое нагнетание воздуха в нижние секции секционных полых аэраторов позволяет эффективно провентилировать бункер после выгрузки из него сельскохозяйственной продукции, а также начинать вентилирование сельскохозяйственной продукции при неполной загрузке бункера.

#### *Список использованных источников*

1. Васильев, В. В. Улучшение условий хранения сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах / В. В. Васильев, Д. Д. Афоничева // Интеллектуальные системы в аграрном и строительном комплексе : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. ; г. Орел, 16–17 ноября 2023 г. – Орел : ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ», 2023. – С. 143 – 150.
2. Васильев, В. В. Усовершенствованный цилиндрический бункер для хранения сельскохозяйственной продукции / В. В. Васильев, Д. Д. Афоничева, И. И. Аксенов // Наука в центральной России. – 2023. – Т. 64, № 4. – С. 37 – 46.
3. Мельник, Б. Е. Активное вентилирование зерна: справочник / Б. Е. Мельник. – М. : Агропроиздат, 1986. – 159 с.
4. Павловский, Г. Т. Очистка, сушка и активное вентилирование зерна / Г. Т. Павловский, С. Д. Птицын. – М. : Высшая школа, 1972. – 256 с.
5. Пат. 2818611 РФ С1, МПК А01F25/22, В65D88/74. Система вентилирования сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах / Афоничева Д. Д., Васильев В. В. – Патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (RU). – № 2023129169 ; заявл. 10.11.2023 ; опубл. 03.05.2024, Бюл. № 13. – 10 с.
6. Boumans, G. Grain Handling and Storage / G. Boumans. – Elsevier, 1985. – 457 p.

#### *References*

1. Vasiliev, V. V. Improvement of storage conditions for agricultural products in cylindrical bunkers / V. V. Vasiliev, D. D. Afonicheva // Intelligent systems in the agricultural and construction complex : a collection of materials of the international scientific and practical conference ; Orel, November 16–17, 2023 – Orel : Oryol State Agrarian University, 2023. – P. 143 – 150.

2. Vasiliev, V. V. An improved cylindrical bunker for storing agricultural products / V. V. Vasiliev, D. D. Afonicheva, I. I. Aksenov // Science in Central Russia. – 2023. – V. 64, No. 4. – P. 37 – 46.
3. Melnik, B. E. Active ventilation of grain : a reference book / B. E. Melnik. – M. : Agropromizdat, 1986. – 159 p.
4. Pavlovsky, G. T. Cleaning, drying and active ventilation of grain / G. T. Pavlovsky, S. D. Ptitsyn. – M. : Higher School, 1972. – 256 p.
5. Pat. 2818611 RF C1, IPC A01F25/22, B65D88/74. Ventilation system of agricultural products in cylindrical bunkers / Afonicheva D. D., Vasiliev V. V. – Patent holder of the Voronezh State Agrarian University (RU). – No. 2023129169 ; application 10.11.2023 ; publ. 03.05.2024, Byul. No. 13. – 10 p.
6. Boumans, G. Grain Handling and Storage / G. Boumans. – Elsevier, 1985. – 457 p.



**А. О. Сухова, М. А. Булгаков, А. А. Башкатов**  
(Кафедра «Природопользование и защита окружающей среды»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: apill@ysndex.ru)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРСЫРЬЯ В АПК**

*Аннотация.* Рассмотрено влияние полезного использования вторичных материальных ресурсов на аграрно-промышленный комплекс. Результаты исследования показывают, что рациональное управление отходами способствует не только экономической выгоде, но и устойчивому развитию сельского хозяйства.

*Ключевые слова:* вторсырье, аграрно-промышленный комплекс, устойчивое развитие, переработка отходов, экономическая эффективность, экология, сельское хозяйство.

**A. O. Sukhova, M. A. Bulgakov, A. A. Bashkatov**  
(Department of Environmental Management  
and Environmental Protection,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **RESEARCH OF THE IMPACT OF BENEFICIAL USE OF SECONDARY RAW MATERIALS ON THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

*Abstract.* The article examines the impact of the beneficial use of secondary material resources on the agro-industrial complex. The advantages of implementing waste recycling and reuse technologies. The results of the study show that rational waste management contributes not only to economic benefits, but also to the sustainable development of agriculture.

*Keywords:* secondary raw materials, agro-industrial complex, sustainable development, waste recycling, economic efficiency, ecology, agriculture.

В последние десятилетия вопросы устойчивого развития и рационального использования природных ресурсов становятся все более актуальными. Аграрно-промышленный комплекс (АПК) сталкивается с серьезными вызовами, связанными с истощением ресурсов и негативным воздействием на экологию.

Одним из решений этих проблем является внедрение технологий эффективного использования вторичных материальных ресурсов. Исследования показывают, что переработка и повторное использование отходов могут не только снизить уровень загрязнения окружаю-

щей среды, но и значительно повысить экономическую эффективность сельскохозяйственного производства [1].

Существуют различные методы переработки и утилизации вторичного сырья, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

Сжигание в целях получения энергии – один из наиболее распространенных методов, но не самый экологичный. Он позволяет получить тепловую энергию, но при этом приводит к выбросу вредных веществ в атмосферу. Термическое разложение – более перспективный способ, позволяющий преобразовать отходы в ценные продукты. Пиролиз представляет собой термическое разложение органических веществ без доступа воздуха при температурах от 400 до 900 °С.

Компостирование – метод, позволяющий получить ценное удобрение, которое повсеместно используется в сельском хозяйстве. Использование компоста в промышленности неприемлемо, но отлично подходит для применения в частных владениях.

Существенным плюсом метода брикетирования является способ уменьшения количества мусора, подлежащего брикетированию, путем предварительной (до 50%) отсортировки твердых бытовых отходов. Отсортировываются полезные фракции, вторичное сырье (бумага, картон, текстиль, стеклобой, металл черный и цветной). Тем самым в народное хозяйство поступают дополнительные ресурсы [2].

Дополнительные осложнения в работу механизмов по прессованию ТКО вносят: высокая абразивность составляющих компонентов (песок, камень, стекло), а также высокая агрессивность среды из-за наличия органики, кислот, растворителей, лаков и т.п.

Наиболее предпочтительными способами утилизации вторичного полимерного сырья, с экономической и экологической точек зрения, представляется повторное использование и вторичная переработка в новые виды материалов и изделий. Повторное применение предполагает возвращение в производственный цикл использованной упаковки после ее сбора и соответствующей обработки (мойки, сушки и других операций), а также получения разрешения санитарных органов на ее повторное применение при непосредственном контакте с пищевыми продуктами.

Этот путь пригоден, главным образом, для бутылочной тары из ПЭТФ. Любые отходы можно рассматривать в качестве вторичных материальных ресурсов (ВМР), поскольку они могут быть использованы в хозяйственных целях, либо частично (т.е. в качестве добавки), либо полностью заменяя традиционные виды материально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов [3].

Эффективная переработка и повторное использование отходов не только способствуют сокращению затрат и увеличению доходов сельскохозяйственных предприятий, но и служат основой для формирования экологически безопасной и социально ответственной модели развития агросектора.

Данное исследование подчеркивает необходимость активного внедрения технологий эффективного обращения с отходами и показывает их потенциал в достижении устойчивого развития АПК.

#### ***Список использованных источников***

1. Об утверждении Порядка проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, корректировки ее данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения таких инвентаризаций и корректировки : Приказ Минприроды № 871 от 19.11.2021 г.

2. Об аккредитации в национальной системе аккредитации : федер. закон от 28.12.2013 г. № 412-ФЗ.

3. Об утверждении Порядка формирования и ведения Перечня методик расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарными источниками : Приказ Минприроды от 31.07.2018 № 341.

#### ***References***

1. On approval of the Procedure for conducting an inventory of stationary sources and emissions of harmful (polluting) substances into the atmosphere, adjusting its data, documenting and storing data obtained as a result of such inventories and adjustments : Order of the Ministry of Natural Resources No. 871 of 11/19/2021.

2. On Accreditation in the National Accreditation System : Federal Law of 28.12.2013. – No. 412-FZ.

3. On approval of the Procedure for the formation and maintenance of the List of methods for calculating emissions of harmful (polluting) substances into the atmosphere from stationary sources : Order of the Ministry of Natural Resources dated July 31, 2018. – No. 341.

УДК 678.742:613

**А. О. Сухова, М. А. Булгаков, А. А. Башкатов**  
(Кафедра «Природопользование и защита окружающей среды»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: apill@ysndex.ru)

## **ВЛИЯНИЕ ПРОДУКТОВ ТЕРМООКСИЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ (HDPE 2) НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ СОТРУДНИКОВ АПК**

*Аннотация.* При затаривании и механической обработке полиэтилена возможно образование мелкой пыли, а при нагревании в процессе переработки выше 140 °С возможно выделение в воздух летучих продуктов термоокислительной деструкции, содержащих органические кислоты, карбонильные соединения, в том числе формальдегид и ацетальдегид, окись углерода.

Работа с полиэтиленом должна проводиться при работающей местной вытяжной и общеобменной вентиляции, при строгом соблюдении технологического режима.

При поднесении открытого пламени полиэтилен загорается без взрыва и горит коптящим пламенем с образованием расплава и выделением газообразных продуктов.

*Ключевые слова:* экологическая безопасность, пластиковые отходы, ТБО, влияние на здоровье рабочих.

**A. O. Sukhova, M. A. Bulgakov, A. A. Bashkatov**  
(Department of Environmental Management  
and Environmental Protection,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **THE INFLUENCE OF PRODUCTS OF THERMAL-OXIDATIVE DEGRADATION OF HIGH-DENSITY POLYETHYLENE (HDPE 2) ON THE HEALTH OF AGRICULTURAL WORKERS**

*Abstract.* During packaging and mechanical processing of polyethylene, fine dust may form, and when heated during processing above 140 °C, volatile products of thermal-oxidative destruction may be released into the air, containing organic acids, carbonyl compounds, including formaldehyde and acetaldehyde, and carbon monoxide.

Work with polyethylene must be carried out with local exhaust and general ventilation operating, in strict compliance with the technological regime.

When exposed to an open flame, polyethylene ignites without an explosion and burns with a smoky flame, forming a melt and releasing gaseous products.

*Keywords:* environmental safety, plastic waste, solid waste, impact on workers' health.

Пластические массы благодаря своим исключительным физико-химическим свойствам, характеризующимся большой устойчивостью к механическим и тепловым нагрузкам, малым удельным весом и невосприимчивостью к коррозии, нашли широкое применение во многих отраслях промышленности.

За последние 15 лет их производство в мире непрерывно росло и в настоящее время оно достигло 150 млн. тонн в год. Начало крупнотоннажного производства и потребления эластомеров в нашей стране относится к 60-м годам XX века [3].

Переработка полимеров осуществляется преимущественно на специализированных заводах нефтехимической и химической промышленности. На различных предприятиях приборостроительной, легкой, пищевой и других отраслей промышленности имеются участки термопереработки полимеров.

Процесс термической переработки использованного полиэтилена высокой плотности, несмотря на свою значимость для экономики и вторичной переработки ресурсов, сопровождается образованием вредных производственных факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье работающих. Данные факторы создают неблагоприятные условия труда, классифицируемые как «вредные».

*Основные профессиональные группы, подвергающиеся риску:*

– литейщики: работники, непосредственно занимающиеся переработкой полиэтилена;

– машинисты пленочных экструдеров: операторы оборудования, предназначенного для производства полиэтиленовой пленки под воздействием высокого и низкого давления [1].

*Источники загрязнения воздуха рабочей зоны.* Основным источником загрязнения воздуха рабочей зоны является сам полиэтилен, который в процессе переработки разлагается, выделяя различные вредные химические соединения.

Важно отметить, что термическая переработка полиэтилена является процессом, требующим особого внимания к вопросам охраны труда и безопасности. Применение современных технологий, соблюдение установленных норм и правил, а также постоянный контроль за состоянием здоровья работников являются ключевыми факторами для минимизации рисков и обеспечения безопасных условий труда на производстве [4].

Полиэтилен бесследно не сгорает с образованием безобидных углекислого газа и водяных паров. В самом полиэтилене могут быть различные добавки, красители, материал катализатора при производстве полиэтилена. В составе черного дыма, который образуется при

сгорании полиэтилена, предположительно могут быть: бензопирен, летучие вещества, еще остается несгораемый остаток в виде золы или сажи, содержащий конденсированные углеводороды, явно обладающие канцерогенными свойствами [2]. Потому такой способ утилизации очень вреден для окружающей среды.

В ходе исследования влияния продуктов термоокислительной деструкции полиэтилена высокой плотности на состояние здоровья сотрудников перерабатывающего предприятия был получен следующий вывод: продукты термоокислительной деструкции полиэтилена высокой плотности могут содержать опасные химические соединения, такие как поликарбонилы и диоксины, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье людей.

#### ***Список использованных источников***

1. Абрамов, В. В. Состояние и перспективы развития машиностроения в переработке пластмасс / В. В. Абрамов, Н. М. Чалая // Пластические массы. – 2000. – № 5. – С. 3 – 6.
2. Аверьянова, О. С. К вопросу поражения желчных путей у рабочих химической промышленности / О. С. Аверьянова // Материалы XXIX годичной научной сессии Свердловского медицинского института. – Свердловск, 1966. – С. 143–144.
3. Алексеева, О. Г. Аллергия к промышленным химическим соединениям / О. Г. Алексеева, Л. А. Дуева. – М. : Медицина, 1978. – 272 с.
4. Самигова, Н. Р. Анализ и оценка вредных производственных факторов на рабочих местах производства по термической переработке полиэтилена / Н. Р. Самигова, Г. Ф. Шеркузиева, Х. Р. Набиев // Молодой ученый. – 2022. – № 19(414). – С. 56 – 58. – URL : <https://moluch.ru/archive/414/91512/> (дата обращения: 20.06.2024).

#### ***References***

1. Abramov, V. V. State and prospects of development of mechanical engineering in plastics processing / V. V. Abramov, N. M. Chalaya // Plastics. – 2000. – No. 5. – P. 3 – 6.
2. Averianova, O. S. On the issue of biliary tract lesions in workers in the chemical industry / O. S. Averianova // Proceedings of the XXIX annual scientific session of the Sverdlovsk Medical Institute. – Sverdlovsk, 1966. – P.143–144.
3. Alekseeva, O. G. Allergy to industrial chemical compounds / O. G. Alekseeva, L. A. Dueva. – M. : Medicine, 1978. – 272 p.
4. Samigova, N. R. Analysis and assessment of harmful production factors in the workplaces of polyethylene thermal processing production / N. R. Samigova, G. F. Sherkuzieva, H. R. Nabiev // Young scientist. – 2022. – No. 19(414). – P. 56 – 58. – URL : <https://moluch.ru/archive/414/91512/> (date of access: 06/20/2024).

**В. В. Васильев, Д. Н. Афоничев**  
(Кафедра электротехники и автоматики,  
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени Петра I,  
г. Воронеж, Россия,  
e-mail: <http://vsau.ru>, [et@agroeng.vsau.ru](mailto:et@agroeng.vsau.ru))

## **УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ХОДА РОБОТА В ТЕПЛИЦЕ**

*Аннотация.* Представлена компоновка роботизированной теплицы, обеспечивающая неограниченный продольный ход робота, выполняющего работы в теплице. Увеличенный продольный ход робота позволяет строить теплицы большой протяженности с минимальными затратами на создание специальных путей, позволяющих беспрепятственно перемещать робота по территории теплицы в рамках зоны ответственности. В результате этого снижается стоимость строительства одного квадратного метра теплицы.

*Ключевые слова:* роботизированная теплица, робот, подвижная платформа, серводвигатель, электрическая телескопическая штанга.

**V. V. Vasiliev, D. N. Afonichev**  
(Department of Electrical Engineering and Automation Voronezh  
State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,  
Voronezh, Russia)

## **INCREASING THE LONGITUDINAL STROKE OF THE ROBOT IN THE GREENHOUSE**

*Abstract.* The layout of a robotic greenhouse is presented, which provides an unlimited longitudinal stroke of the robot performing work in the greenhouse. The unlimited longitudinal course of the robot allows you to build greenhouses of great length with minimal cost for the creation of special paths that allow the robot to move freely through the territory of the greenhouse within the area of responsibility. As a result, the cost of building one square meter of greenhouse is reduced.

*Keywords:* robotic greenhouse, robot, movable platform, servo motor, electric telescopic rod.

На основе анализа информации об уровне автоматизации современных тепличных комплексов [1 – 3] и зарубежного опыта автоматизации процессов, реализуемых в теплицах [1, 5, 6], предложена роботизированная теплица [4], которая включает основание, где вдоль длинных сторон размещены параллельные друг другу ряды вертикальных опор. Сверху рядов вертикальных опор уложены двутавровые продольные балки, таким образом, что нижние полки двутавровых

продольных балок опираются на вертикальные опоры, а верхние полки двутавровых продольных балок, дополнительно оснащенные с нижней стороны зубчатыми рейками, находятся на одном уровне. На верхние полки двутавровых продольных балок на роликах установлены опорные тележки, которые оснащены кронштейнами. К кронштейнам закреплены серводвигатели, оснащенные зубчатыми колесами, которые входят в зацепление с зубчатыми рейками. Опорные тележки соединены между собой ограничителями и ходовым винтом, который приводится в движение серводвигателем. Робот включает в себя подвижную платформу, через которую проходят ограничители и ходовой винт. К подвижной платформе в вертикальном положении закреплена электрическая телескопическая штанга, направленная вниз и оснащенная на конце захватывающим устройством. На основании теплицы со стороны одного ряда вертикальных опор размещен транспортер для подачи короба к роботу.

Укладка двутавровых продольных балок сверху рядов вертикальных опор, таким образом, что нижние полки двутавровых продольных балок опираются на вертикальные опоры, а верхние полки двутавровых продольных балок, дополнительно оснащенные с нижней стороны зубчатыми рейками, находятся на одном уровне, обеспечивает прочность конструкции, а значит, из конструкции исключаются продольные балки в виде верхней и нижней направляющих, соединенные между собой на концах вертикальными стенками, и сокращается количество вертикальных опор в каждом ряду. Отсюда следует, что металлоемкость конструкции теплицы снижается. Установка на верхние полки двутавровых продольных балок опорных тележек на роликах, которые оснащены кронштейнами, а к кронштейнам закреплены серводвигатели, оснащенные зубчатыми колесами, которые входят в зацепление с зубчатыми рейками, дает возможность беспрепятственно перемещаться опорным тележкам по продольным балкам, так как вертикальные стенки двутавровых продольных балок не влияют на перемещение опорных тележек. Следовательно, робот, подвешенный за подвижную платформу на ограничителях и ходовом винте, которые соединяют между собой опорные тележки, будет иметь увеличенный продольный ход, из-за того что опорные тележки могут перемещаться вдоль двутавровых продольных балок, независимо от их длины. Увеличенный продольный ход робота позволяет строить теплицы большой протяженности с минимальными затратами на создание специальных путей, позволяющих беспрепятственно перемещаться роботу по территории теплицы в рамках зоны ответственности.



### ***Список использованных источников***

1. Васильев, В. В. Автоматизация процесса выращивания овощей и фруктов в защищенном грунте / В. В. Васильев, И. И. Аксенов // Инновационные технологии и технические средства для АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, Воронеж, 9–10 ноября 2023 года. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – Ч. II. – 2023. – С. 33 – 39.
2. Гиль, Л. С. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта: практическое руководство / Л. С. Гиль, А. И. Пашковский, Л. Т. Сулима. – Житомир : ЧП «Рута», 2012. – 465 с.
3. Опыт возделывания овощных культур и грибов в фермерской блочной теплице / В. Г. Селиванов, О. Д. Пискунов, С. Н. Юдина, Р. Р. Усманов. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 44 с.
4. Пат. 2818343 РФ С1, МПК А01G9/00. Роботизированная теплица / Васильев В. В., Афоничев Д. Н. – Патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (RU). – № 2023127402 ; заявл. 25.10.2023 ; опубл. 02.05.2024, Бюл. № 13. – 8 с.
5. Greenhouse design and control. Pedro Ponce, Arturo Molina, Paul Cepeda, Esther Lugo, Brian MacCleery. – CRC Press, 2011. – 380 p.
6. Castilla, Nicolas. Greenhouse technology and management: 2nd edition / Nicolas Castilla. – CABI, 2013. – 374 p.

### ***References***

1. Vasiliev, V. V. Automation of the process of growing vegetables and fruits in protected soil / V. V. Vasiliev, I. I. Aksenov // Innovative technologies and technical means for agriculture: materials of the international scientific and practical conference of young scientists and specialists, Voronezh, November 9–10, 2023. – Voronezh : Voronezh State Pedagogical University. – Part II. – 2023. – P. 33 – 39.
2. Gil, L. S. Modern vegetable growing of closed and open ground : a practical guide / L. S. Gil, A. I. Pashkovsky, L. T. Sulima. – Zhytomyr : State of emergency «Ruta», 2012. – 465 p.
3. The experience of cultivating vegetable crops and mushrooms in a farmer's block greenhouse / V. G. Selivanov, O. D. Piskunov, S. N. Yudina, R. R. Usmanov. – M. : FSBI Rosinformagrotech, 2011. – 44 p.
4. Pat. 2818343 RF C1, IPC A01G9/00. Robotic greenhouse / Vasiliev V. V., Afonichev D. N. – Patent holder of the Voronezh State Agrarian University (RU). – No. 2023127402 ; application. 10/25/2023 ; publ. 05/02/2024, Byul. No. 13. – 8 p.
5. Greenhouse design and control / Pedro Ponce, Arturo Molina, Paul Cepeda, Esther Lugo, Brian MacCleery. – CRC Press, 2011. – 380 p.
6. Castilla, Nicolas. Greenhouse technology and management: 2nd edition / Nicolas Castilla. – CABI, 2013. – 374 p.

**В. В. Васильев**

(Кафедра электротехники и автоматики,  
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени Петра I,  
г. Воронеж, Россия,  
e-mail: <http://vsau.ru>, [et@agroeng.vsau.ru](mailto:et@agroeng.vsau.ru))

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО МАНИПУЛЯТОРА**

*Аннотация.* Использование гидроцилиндров для привода подвижных частей манипулятора позволяет отказаться от пружин сжатия и трособлочной системы, которые при эксплуатации в сложных природно-производственных условиях быстро изнашиваются, а особенность расположения гидроцилиндров увеличивает сопротивление телескопической секции при воздействии на нее изгибающих моментов, что в совокупности повышает надежность манипулятора.

*Ключевые слова:* манипулятор, стрела, телескопическая часть, опорно-поворотное устройство, гидроцилиндр.

**V. V. Vasiliev**

(Department of Electrical Engineering and Automation  
Voronezh State Agrarian University named  
after Emperor Peter the Great,  
Voronezh, Russia)

## **IMPROVING THE RELIABILITY OF THE TELESCOPIC MANIPULATOR**

*Abstract.* The use of hydraulic cylinders to drive the moving parts of the manipulator allows you to abandon compression springs and a cable-block system, which wear out quickly when used in difficult natural and industrial conditions, and the peculiarity of the location of hydraulic cylinders increases the resistance of the telescopic section when exposed to bending moments, which together increases the reliability of the manipulator.

*Keywords:* manipulator, boom, telescopic part, pivoting device, hydraulic cylinder.

Манипуляторы эксплуатируются в сложных условиях и при высоких нагрузках [1, 2, 4]. Предложена конструкция манипулятора [3], включающая опорно-поворотное устройство с колонной, на которой установлена шарнирно сочлененная двухсекционная стрела с главным (корневым) звеном, его приводом в виде гидроцилиндра, и конечной телескопической секцией, снабженной приводом в виде гидроцилин-

дра и рабочим органом. Телескопическая секция имеет неподвижную часть в виде полого корпуса и подвижные части. Количество подвижных частей зависит от назначения манипулятора и его максимального вылета. Подвижные части выполнены в виде двух полых корпусов, а последняя подвижная часть представляет собой грузонесущую балку, к концу которой закреплен рабочий орган. Подвижные части, кроме последней, выполнены в виде двух полых корпусов. В каждом корпусе в нижней полости установлена последующая подвижная часть, а в верхней полости – привод последующей подвижной части, представляющий собой гидроцилиндр, жестко закрепленный к внутреннему и внешнему кронштейнам, находящимся соответственно внутри верхней полости и на конце последующей подвижной части. Первая подвижная часть находится в неподвижной части и приводится в движение гидроцилиндром, жестко закрепленным за кронштейны, один из которых установлен на конце неподвижной части, а другой – на конце подвижной части.

Выполнение в манипуляторе подвижных частей, кроме последней, в виде двух полых корпусов, где в каждом корпусе в нижней полости установлена последующая подвижная часть, а в верхней полости – привод последующей подвижной части, представляющий собой гидроцилиндр, жестко закрепленный к внутреннему и внешнему кронштейнам, находящимся соответственно внутри верхней полости и на конце последующей подвижной части, при этом первая подвижная часть находится в неподвижной части и приводится в движение гидроцилиндром, жестко закрепленным за кронштейны, один из которых установлен на конце неподвижной части, а другой – на конце подвижной, дает возможность исключить из конструкции пружины сжатия между кронштейнами, которые при полном сжатии блокируют втягивание подвижных частей на всю длину, а следовательно, рабочий ход подвижных частей увеличивается, уменьшая габарит манипулятора в транспортном положении. Использование гидроцилиндров в качестве привода подвижных частей манипулятора позволяет отказаться от пружин сжатия и трособлочной системы, которые при эксплуатации в сложных природно-производственных условиях быстро изнашиваются, а особенность расположения гидроцилиндров увеличивает сопротивление телескопической секции при воздействии на нее изгибающих моментов, что в совокупности повышает надежность манипулятора.

Манипулятор работает следующим образом. На технологической стоянке оператор посредством гидроцилиндров и опорно-поворотного устройства выводит манипулятор из транспортного положения. Затем оператор приводит телескопическую секцию в рабочее состояние гид-

роцилиндрами, которые выдвигают подвижные части с рабочим органом из неподвижной части, и направляет на предмет труда, одновременно контролируя наклон манипулятора и угол отклонения от оси базового шасси. Выдвижение подвижных частей из неподвижной и наведение рабочего органа на предмет труда могут выполняться совместно или последовательно. Выполняя работу по обработке предмета труда, при необходимости можно изменить вылет манипулятора и угол направления. По окончании работы на технологической стоянке оператор приводит в нерабочее состояние телескопическую секцию и устанавливает манипулятор в транспортное положение для перемещения на следующую технологическую стоянку.

Данный манипулятор имеет малые габариты в транспортном положении, что обеспечивает его безопасное использование в составе транспортных средств.

#### ***Список использованных источников***

1. Гидроманипуляторы и лесное технологическое оборудование / под ред. И. М. Бартечева. – М. : ФЛИНТА : Наука, 2011. – 408 с.
2. Пат. 2312056 РФ, МПК В 66 С 23/00. Манипулятор / Шестаков Я. И., Макаров В. Е., Грязин В. А. ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Марийский государственный технический университет. – № 2006115035 ; заявл. 02.05.2006 ; опубл. 10.12.2007, Бюл. № 34. – 5 с.
3. Пат. 2812166 РФ, МПК В 66 С 23/70. Манипулятор / Васильев В. В., Афоничев Д. Н. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – № 2023124720 ; заявл. 26.09.2023 ; опубл. 24.01.2024, Бюл. № 3. – 10 с.
4. Совершенствование средств для технологических перевозок при техническом сервисе в сельском хозяйстве / Д. Н. Афоничев, О. И. Поливаев, В. В. Труфанов, А. В. Ворохобин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2. – С. 103 – 106.

#### ***References***

1. Hydraulic manipulators and forest processing equipment / Edited by I. M. Bartenev. – M. : FLINT: Nauka, 2011. – 408 p.
2. Pat. 2312056 RF, IPC B 66 C 23/00. Manipulator / Shestakov Ya. I., Makarov V. E., Gryazin V. A. ; applicant and patent holder of the State Educational Institution of Higher Education Mari State Technical University. – No. 2006115035 ; application 02.05.2006 ; publ. 10.12.2007, Bul. No. 34. – 5 p.
3. Pat. 2812166 of the Russian Federation, IPC B 66 C 23/70. Manipulator / Vasiliev V. V., Afonichev D. N. ; applicant and patent holder of the Voronezh State Agrarian University. – No. 2023124720 ; application 26.09.2023 ; publ. 24.01.2024, Bul. No. 3. – 10 p.
4. Improvement of means for technological transportation with technical service in agriculture / D. N. Afonichev, O. I. Polivaev, V. V. Trufanov, A. V. Vorokhobin // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. – 2012. – No. 2. – P. 103 – 106.

**Д. Н. Коновалов, С. И. Лазарев, Д. Д. Коновалов**  
(Кафедра «Техника и технологии автомобильного транспорта»,  
кафедра «Механика и инженерная графика»,  
НОЦ «Безотходные и малоотходные технологии»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: kdn1979dom@mail.ru, sergey.lazarev.1962@mail.ru,  
kdf2003dom@mail.ru)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННОГО АППАРАТА ПЛОСКОКАМЕРНОГО ТИПА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ АПК**

*Аннотация.* Усовершенствована конструкция электробаромембранного аппарата плоскокамерного типа для разделения и концентрирования технологических растворов в производствах агропромышленного комплекса. Приведен технический результат, заключающийся в повышении производительности и качества разделения растворов, высокоэффективной турбулизации, охлаждении разделяемого (исходного) раствора, снижении эффекта концентрационной поляризации в малых камерах разделения.

*Ключевые слова:* конструкция, аппарат, мембрана, раствор, разделение.

**D. N. Konovalov, S. I. Lazarev, D. D. Konovalov**  
(Department of Engineering and Technology of Automotive Transport,  
Department of Mechanics and Engineering Graphics,  
REC “Waste-free and low-waste technologies”,  
FSBEI HE “TSTU”, Tambov, Russia)

## **THE USE OF A FLAT-CHAMBER ELECTRIC PRESSURE MEMBRANE APPARATUS FOR THE SEPARATION AND CONCENTRATION OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEXES**

*Abstract.* The design of a flat-chamber electric pressure membrane apparatus for separating and concentrating technological solutions in agricultural production has been improved. A technical result is presented, which consists in increasing the productivity and quality of solution separation, highly efficient turbulization, cooling of the separated (initial) solution, and reducing the effect of concentration polarization in small separation chambers.

*Keywords:* design, apparatus, membrane, solution, separation.

Требования надзорных органов к сточным водам различных отраслей промышленности, в том числе и производств агропромышленного комплекса, сбрасываемых с их территорий в водный бассейн

нашей страны, ужесточаются с каждым днем. Разделение и концентрирование подобных растворов является актуальной задачей, требующей решения. Тем не менее, отдельные предприятия идут по пути наименьшего сопротивления, разбавляя сточные воды до минимально допустимых концентраций и не извлекая из них ценные компоненты.

Для выделения этих компонентов (переносящих заряд) необходимы очистные сооружения, которые содержали бы такие устройства, позволяющие проводить очистку стоков на конечной стадии, при этом концентрируя их и очищая воду. К таким устройствам можно отнести электробаромембранные аппараты различных типов. Однако такие аппараты требуют изучения, проработки технологического процесса и постоянного совершенствования конструкции в целях повышения производительности и качества разделения растворов. К тому же, основные рабочие элементы (мембраны) по техническим параметрам ограничены в применении как по рН раствора, так и по его температуре.

Целью данной работы является усовершенствование электробаромембранного аппарата, используемого для разделения и концентрирования технологических растворов в производствах агропромышленного комплекса.

За прототип разрабатываемой конструкции (рис. 1) принят электробаромембранный аппарат, представленный в литературе [1].

Повышение производительности и качества разделения растворов, высокоэффективная турбулизация, охлаждение разделяемого (исходного) раствора и снижение эффекта концентрационной поляризации в малых камерах разделения достигается за счет того, что каждая малая камера разделения выполнена в форме полого цилиндра с установленным по центру торообразным радиатором охлаждения с переточными глобоидальными каналами, соединенным с камерными штуцерами ввода и вывода охлаждающей жидкости, расположенными по разные стороны на одной горизонтальной оси, камерные штуцеры ввода исходного раствора и вывода прианодного и прикатодного ретентата расположены по разные стороны в одной горизонтальной плоскости и симметрично относительно центральной вертикальной оси камер корпуса.

На разработанной конструкции электробаромембранного аппарата плоскокамерного типа без наложения электрического поля можно проводить баромембранные процессы, например обратный осмос, нанофильтрацию, ультрафильтрацию и микрофильтрацию.

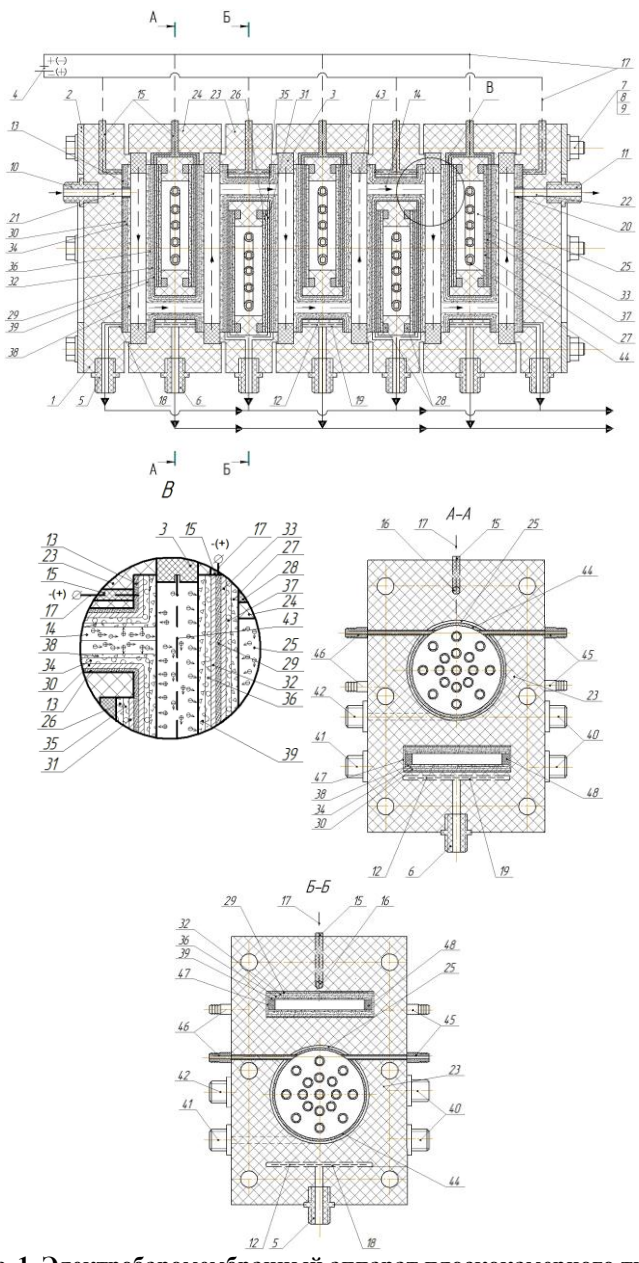


Рис. 1. Электробаромембранный аппарат плоскокамерного типа

*Работа выполнена в рамках государственного задания, проект № FEMU-2024-0011, по теме исследований «Теоретические и экспериментальные исследования электрокинетических и структурных характеристик полимерных мембран посредством применения искусственных нейронных сетей в процессах электромембранной очистки промышленных растворов, содержащих ионы металлов».*

#### ***Список использованных источников***

1. Разработка электрохимического мембранного аппарата для очистки сточных вод предприятий АПК / Д. Н. Коновалов, С. И. Лазарев, А. В. Крылов, Д. Д. Коновалов // Актуальные вопросы электрохимии, экологии и защиты от коррозии : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ В. И. Вигдоровича, Тамбов, 18 – 20 октября 2023 года. – Тамбов : Изд-во ИП Чеснокова А. В., 2023. – С. 393 – 397.

#### ***References***

1. Development of an electrochemical membrane apparatus for wastewater treatment of agricultural enterprises / D. N. Konovalov, S. I. Lazarev, A. V. Krylov, D. D. Konovalov // Current issues of electrochemistry, ecology and corrosion protection : Materials of the III International Scientific and Practical Conference, dedicated to the memory of Professor, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation V. I. Vidorovich, Tambov, October 18 – 20, 2023. – Tambov : Publishing house IP Chesnokova A. V., 2023. – P. 393 – 397.



УДК 636.4.084

**М. Е. Выгузов, С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, Т. М. Ковалева**  
(ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия;  
ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ», г. Мичуринск, Россия,  
e-mail: maks\_vyguzov@mail.ru, serg666\_65@mail.ru,  
aiz@mgau.ru, kovaleva798@mail.ru)

## **ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СМЕСИТЕЛЯ С АКТИВНЫМ КАНАЛОМ ОБРАТНОГО ХОДА**

*Аннотация.* Представлена программа определения рациональных параметров смесителя с активным каналом обратного хода, определены этапы проведения работ.

*Ключевые слова:* параметр, программа, смеситель, эксперимент.

**M. E. Vyguzov, S. M. Vedishchev, A. I. Zavrazhnov, T. M. Kovaleva**  
(“TSTU”, Tambov, Russia;  
“Michurinsky GAU”, Michurinsk, Russia,  
e-mail: maks\_vyguzov@mail.ru, serg666\_65@mail.ru,  
aiz@mgau.ru, kovaleva798@mail.ru)

## **THE PROGRAM OF EXPERIMENTAL STUDIES OF A MIXER WITH AN ACTIVE RETURN CHANNEL**

*Abstract.* The article presents a program for determining the rational parameters of a mixer with an active return channel, the stages of work are determined.

*Keywords:* parameter, program, mixer, experiment.

Для определения рациональных параметров режима работы двухвинтового смесителя с активным каналом обратного хода необходимо провести лабораторные эксперименты, отражающие влияние основных конструктивных, режимных и технологических параметров на его энергетические и качественные показатели.

Для достижения цели экспериментальных исследований были предложены следующие этапы проведения работ (рис. 1) [1 – 4]:

- разработка методики и изготовление лабораторной установки двухвинтового смесителя с активным каналом обратного хода;
- определение технологических, конструктивных и режимных параметров экспериментальной установки двухвинтового смесителя с активным каналом обратного хода, которые будут подвержены изменению и контролю во время проведения исследований;

- определение показателей, характеризующих эффективность процесса перемешивания в лабораторной установке;
- выбор плана проведения эксперимента;
- подбор контрольно-измерительного оборудования и методики измерения параметров;
- проведение экспериментальных исследований, наблюдение за процессом;
- регистрация показателей, характеризующих эффективность работы двухвинтового смесителя периодического действия с активным каналом обратного хода;
- анализ полученных результатов экспериментальных исследований и их сравнение с теоретическими.



**Рис. 1. Последовательность выполнения экспериментов**

### *Список использованных источников*

1. Моделирование процесса смешивания в шнековом смесителе с активным каналом обратного хода для получения экологически безопасных смесей / А. А. Кажияхметова, А. И. Завражнов, С. М. Ведищев и др. // Цифровизация агропромышленного комплекса : сб. науч. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х т. Т. II. . Тамбов, 21 – 23 октября 2020 г. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – С. 320 – 324.
2. Эффективность смесителя кормов с комбинированными рабочими органами / А. Ю. Глазков, А. В. Китун, М. Е. Выгузов, и др. // Актуальные вопросы электрохимии, экологии и защиты от коррозии : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ В. И. Вигдоровича, Тамбов, 18 – 20 октября 2023 года. – Тамбов : Изд-во ИП Чеснокова А. В., 2023. – С. 381 – 385.
3. Ли, Р. И. Основы научных исследований : учебное пособие / Р. И. Ли. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2013 – 188 с.
4. Отбор проб при оценке качества смешивания / С. М. Ведищев, Н. В. Хольшев, А. В. Прохоров и др. // Наука в центральной России. – 2023. – № 3(65). – С. 48 – 56.

### *References*

1. Modeling of the mixing process in a screw mixer with an active return channel for obtaining environmentally safe mixtures / A. A. Kazhiyakhmetova, A. I. Zavrzhnov, S. M. Vedishchev, et al. // Digitalization of the agro-industrial complex : II International scientific and practical conference. In 2 volumes. V. II. Collection of scientific articles. Tambov, October 21 – 23, 2020 – Tambov : Publishing house of FGBOU VO “TSTU”, 2020. – P. 320 – 324.
2. The effectiveness of a feed mixer with combined working bodies / A. Yu. Glazkov, A. V. Kitun, M. E. Vyuzov et al. // Topical issues of electrochemistry, ecology and corrosion protection : Materials of the III International Scientific and practical Conference, dedicated to the memory of Professor, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation V. I. Vigdorovich, Tambov, October 18 – 20, 2023. – Tambov : Publishing House of IP Chesnokova A. V., 2023. – P. 381 – 385.
3. Li, R. I. Fundamentals of scientific research : a textbook / R. I. Li. – Lipetsk : Publishing House of LGTU, 2013. – 188 p.
4. Sampling in assessing the quality of mixing / S. M. Vedishchev, N. V. Holshev, A. V. Prokhorov et al. / Science in central Russia. – 2023. – No. 3(65). – P. 48 – 56.

УДК 637.116.2:636.2

**В. С. Жариков, А. И. Завражнов, С. М. Ведищев**  
(ФГБНУ «ВНИИТиН», г. Тамбов, Россия;  
ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ», г. Мичуринск, Россия;  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: vadim\_688@bk.ru, aiz@mgau.ru, serg666\_65@mail.ru)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЗДЕЙСТВИЯ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ НА СОСОК ЖИВОТНОГО**

*Аннотация.* Выявлен оценочный показатель, влияющий на показатели качества работы доильного аппарата – давление сосковой резины на сосок. Разработаны методика и прибор для определения величины давления сосковой резины на сосок.

*Ключевые слова:* давление, прибор, сосковая резина, сосок.

**V. S. Zharikov, A. I. Zavrazhnov, S. M. Vedishchev**  
(VNIITiN, Tambov, Russia;  
“Michurinsky GAU”, Michurinsk, Russia;  
“TSTU”, Tambov, Russia)

## **INVESTIGATION OF THE PROCESS OF THE IMPACT OF NIPPLE RUBBER ON THE NIPPLE OF AN ANIMAL**

*Abstract.* An estimated indicator has been identified that affects the performance of the milking machine – the pressure of the nipple rubber on the nipple. A technique and a device for determining the amount of pressure of the nipple rubber on the nipple have been developed.

*Keywords:* pressure, device, nipple rubber, nipple.

В мировой практике принято считать, что молочная продуктивность коров зависит на 50...60% от уровня кормления и качества кормов, на 20...25% – от селекционной работы и воспроизводства, на 20...25% – от условий содержания и технологии доения [1].

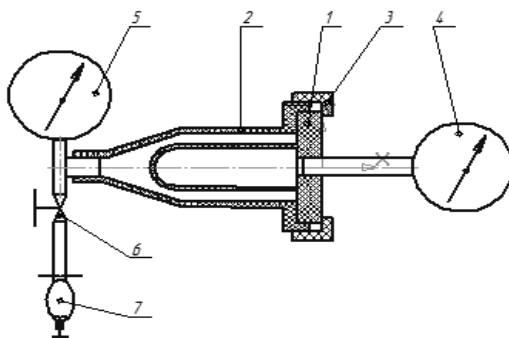
Важность проблемы гиперкератоза в молочном скотоводстве обусловлена тесной связью с развитием маститов [2, 3, 5]. Основными факторами, вызывающими гиперкератоз сосков вымени у коров, являются нарушение технологии машинного доения, а также плохое состояние сосковой резины. Одним из важнейших показателей физиологичности процесса доения, по мнению многих ученых, является величина давления сосковой резины на кончик соска во время такта сжатия [2 – 5].

При меньшем давлении массирующее воздействие ее на сосок недостаточно и не эффективно, и, как следствие, – систематический отек соска, воспалительный процесс.

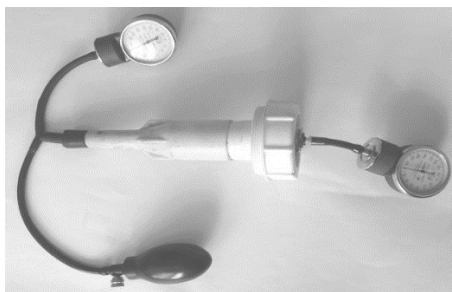
При большем давлении циркуляция крови также ухудшается из-за излишнего давления. Сфинктер при этом теряет эластичность, его пропускная способность и выдаиваемость ухудшаются.

Для определения величины давления сосковой резины на сосок разработано и изготовлено устройство для определения давления, необходимого для деформации искусственного соска (рис. 1) [4, 6].

Разработанная методика и универсальный прибор для измерения давления сосковой резины на сосок и контроля периодов пульсаций позволили установить [4 – 6]: в диапазоне 60...90 мм рт. ст. толщина сосковой резины искусственного соска не более 2 мм; давление на искусственный сосок равно сумме давления в полости соска и давления, затрачиваемого на деформацию соска, и находится в допустимом пределе 8...12 кПа. Давление на сосок у силиконовой сосковой резины при номинальном вакууме выше на 25%.



a)



б)

**Рис. 1. Прибор определения давления, необходимого для деформации искусственного соска:**

*a* – схема устройства; *б* – общий вид; 1 – искусственный сосок; 2 – корпус; 3 – гайка; 4, 5 – манометр; 6 – кран; 7 – устройство нагнетания воздуха

### *Список использованных источников*

1. Донник, И. М. Окружающая среда и здоровье животных / И. М. Донник, И. А. Шкуратова // Ветеринария Кубани. – 2011. – № 2. – С. 12–13.
2. Елесин, А. В. Распространение заболеваний сосков в хозяйствах с различным уровнем продуктивности / А. В. Елесин, А. С. Баркова // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 6(42). – С. 76 – 79.
3. Антошук, С. А. Почетвертное доение вымени – путь к сохранению здоровья животного и снижению затрат на обслуживание сосковой резины / С. А. Антошук, Э. П. Сорокин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. Т. 3. – 2014. – С. 101 – 106.
4. Механизация и технологии в животноводстве / С. М. Ведищев, В. В. Коновалов, А. И. Завражнов и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 365 с.
5. Ведищев, С. М. Повышение качества процесса доения в условиях хозяйств / С. М. Ведищев, В. С. Жариков // Современная наука: теория, методология, практика : материалы IV Всерос. национальной науч.-практ. конф., Тамбов, 20–21 апреля 2022 года. – Тамбов : Изд-во ИП Чеснокова А. В., 2022. – С. 261 – 265.
6. Доровских, В. И. Исследование влияния различных типов сосковой резины на сосок животного в процессе эксплуатации / В. И. Доровских, С. М. Ведищев, В. С. Жариков // Наука в центральной России. – 2022. – № 4(58). – С. 35 – 42.

### *References*

1. Donnik, I. M. Environment and animal health / I. M. Donnik, I. A. Shkuratova // Veterinary medicine of Kuban. – 2011. – No. 2. – P. 12–13.
2. Elesin, A. V. The spread of nipple diseases in farms with different levels of productivity / A. V. Elesin, A. S. Barkova // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2007. – № 6(42). – P. 76 – 79.
3. Antoshuk, S. A. Pochetvertny udder milking – a way to preserve animal health and reduce the cost of maintenance of nipple rubber / S. A. Antoshuk, E. P. Sorokin // Scientific and technical progress in agricultural production : Materials of the International Scientific and Technical Conference : in 3 volumes. V. 3. – 2014. – P. 101 – 106.
4. Mechanization and technologies in animal husbandry / S. M. Vedishchev, V. V. Kononov, A. I. Zavrazhnov et al. – Tambov : Tambov State Technical University, 2023. – 365 p.
5. Vedishchev, S. M. Improving the quality of the milking process in farm conditions / S. M. Vedishchev, V. S. Zharikov // Modern science: theory, methodology, practice : Materials of the IV All-Russian National Scientific and Practical Conference, Tambov, April 20–21, 2022. Tambov : Publishing house of IP Chesnokova A. V., 2022. – P. 261 – 265.
6. Dorovskikh, V. I. Investigation of the influence of various types of nipple rubber on the nipple of an animal during operation / V. I. Dorovskikh, S. M. Vedishchev, V. S. Zharikov // Science in central Russia. – 2022. – No. 4(58). – P. 35 – 42.

**А. А. Кажияхметова, М. К. Бралиев**  
(ЧВПОУ «ЗКИТУ», г. Уральск, Казахстан;  
НАО «ЗКАТУ имени Жангир хана», г. Уральск, Казахстан,  
e-mail: aiioka@mail.ru, braliyevm@mail.ru)

## **ОБОСНОВАНИЕ СМЕСИТЕЛЯ С АКТИВНЫМ КАНАЛОМ ОБРАТНОГО ХОДА**

*Аннотация.* Рассмотрены факторы, оказывающие влияние на процесс смешивания. Выявлено направление совершенствования смесителей сухих рассыпных кормосмесей.

*Ключевые слова:* параметры, смеситель, схема, фактор.

**A. A. Kazhiyakhmetova, M. K. Braliev**  
(“ZKITU”, Uralsk, Kazakhstan;  
“ZKATU Zhangir Khan”, Uralsk, Kazakhstan)

## **JUSTIFICATION OF A MIXER WITH AN ACTIVE RETURN CHANNEL**

*Abstract.* The factors influencing the mixing process are considered. The direction of improvement of mixers of dry loose feed mixtures has been revealed.

*Keywords:* parameters, mixer, circuit, factor.

Получение молока и мяса высокого качества возможно достичь лишь при организации полноценного и рационального кормления животных [1].

В структуре рационов крупного рогатого скота концентрированные корма составляют до 35%. Поэтому стоимостные и качественные показатели комбикорма играют основную роль в конечных результатах производства продукции животноводства [4, 6, 7].

На процесс смешивания оказывает влияние большое количество факторов [5, 8], условно состоящих из следующих групп:

- 1) физико-механические и реологические свойства компонентов смеси;
- 2) конструктивно-технологические параметры;
- 3) режимные параметры.

Приоритетными являются свойства смешиваемых компонентов, затем определяется способ смешивания, а затем конструкция и режим работы смесителя.

В основу конструктивно-технологической схемы кормосмесителя были положены следующие решения:

- смешивающий орган, который представляет собой шнек, загрузочная и выгрузная части которого соединены каналом обратного хода;
- внутри канала обратного хода установлен дополнительный шнек с валом, имеющий участок пересыпания с плоскими лопатками вдоль вала; напротив лопаток в канале обратного хода имеются отверстия в виде щелей шириной, превышающей размер характерных частиц корма;
- напротив отверстий в канале обратного хода на валу шнека установлены плоские лопатки;
- в конце шнека закреплены тангенциально лопасти с наклоном навстречу движения корма;
- механизм изменения угла наклона корпуса к горизонту.

Предлагается тихоходный смеситель с активным каналом обратного хода [2, 3].

В результате принятой схемы смесителя снижается время смешивания за счет разделения и соединения потоков кормовой смеси на участке пересыпания при движении по каналу обратного хода под действием лопаток в дополнительном шнеке и окон в канале обратного хода, а также взаимопроникновению потоков материала при движении кормосмеси под действием шнека от участка загрузки к участку выгрузки.

#### *Список использованных источников*

1. Базонов, В. Н. Технико-экономический анализ современного состояния свиноводства России / В. Н. Базонов, И. В. Базонов // Научно технический прогресс в животноводстве: Перспективная система машин – основа стратегии машинно-технологического обеспечения животноводства на период до 2010 г. : сб. науч. тр. ВНИИМТ. – 2009. – Т. 13(4.3). – С. 59 – 67.
2. Обоснование конструкции смесителя по типу рабочего / С. М. Ведищев, Н. В. Хольшев, А. В. Прохоров, А. В. Брусенков // Инновационно-техническое обеспечение ресурсосберегающих технологий АПК : сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. конф. – Мичуринск : Изд-во Мичуринского госагро-университета, 2009. – С. 165 – 167.
3. Кажияхметова, А. А. Обоснование конструктивно-технологической схемы дозатора-смесителя сухих рассыпных кормосмесей / А. А. Кажияхметова, Д. Э. Смирнов, С. М. Ведищев // Современная наука: теория, методология, практика : II Всерос. (национальная) науч.-практ. конф., 28–29 мая 2020 года. – Тамбов : Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2020. – С. 249 – 252.
4. Концепции развития технологий, способов механизации и автоматизации процессов при производстве продукции животноводства на период до 2010 г. – Подольск : ВНИИМТ, 2002. – 104 с.



5. Макаров, Ю. И. Аппараты для смешивания сыпучих материалов / Ю. И. Макаров. – М. : Машиностроение, 1973. – 215 с.
6. Ревякин, Е. Л. Опыт освоения современных технологий и оборудования для внутрихозяйственных комбинированных предприятий / Е. Л. Ревякин, В. И. Пахомов. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2009. – 80 с.
7. Савиных, П. А. Комбикормовой цех для сельскохозяйственного предприятия / П. А. Савиных, Ю. В. Селгучев, В. А. Казаков // Вестник ВНИИМЖ. – 2019. – № 1(33). – С. 71 – 76.
8. Хольшев, Н. В. Совершенствование технологического процесса приготовления сухих рассыпных кормосмесей шнеколопастным смесителем : дис. ... канд. техн. наук / Н. В. Хольшев. – Тамбов, 2015. – 209 с.

### *References*

1. Bazonov, V. N. Technical and economic analysis of the modern state of pig breeding in Russia / V. N. Bazonov, I. V. Bazonov // Scientific and technical progress in animal husbandry : A promising machine system is the basis of the strategy of machine and technological support for animal husbandry for the period up to 2010: Collection of scientific works of VNIIMT. – 2009. – V. 13(4.3). – P. 59 – 67.
2. Substantiation of the mixer design according to the type of working organ / S. M. Vedishchev, N. V. Holshev, A. V. Prokhorov, A. V. Brusenkov // Innovative and technical support of resource-saving technologies of the agroindustrial complex. Collection of scientific papers of international scientific and technical conferences. – Michurinsk : Publishing House of the Michurinsk State Agrarian University, 2009. – P. 165 – 167.
3. Kazhiyakhmetova, A. A. Substantiation of the constructive and technological scheme of the dispenser-mixer of dry loose feed mixtures / A. A. Kazhiyakhmetova, D. E. Smirnov, S. M. Vedishchev // II All-Russian (national) scientific and practical conference “Modern science: theory, methodology, practice”, May 28–29, 2020 of the year. – Tambov : Publishing house of IP Chesnokova A. V., 2020. – P. 249 – 252.
4. Concepts of technology development, methods of mechanization and automation of processes in the production of livestock products for the period up to 2010. – Podolsk : VNIIMT, 2002. – 104 p.
5. Makarov, Yu. I. Devices for mixing bulk materials / Yu. I. Makarov. – М. : Mechanical engineering, 1973. – 215 p.
6. Revyakin, E. L. The experience of mastering modern technologies and equipment for on-farm combined enterprises / E. L. Revyakin, V. I. Pakhomov. – М. : FSBI “Rosinformagrotech”, 2009. – 80 p.
7. Savinykh, P. A. Feed mill for an agricultural enterprise / P. A. Savinykh, Yu. V. Selguchev, V. A. Kazakov // Vestnik VNIIMZH. – 2019. – No. 1(33). – P. 71 – 76.
8. Kholshev, N. V. Improvement of the technological process of preparing dry loose feed mixtures with a screw-blade mixer: dissertation ... Candidate of Technical Sciences / N. V. Holshev. – Tambov, 2015. – 209 p.

**Е. Б. Ложкина, С. М. Ведищев, В. В. Коновалов, Т. М. Ковалева**  
(ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия;  
ФГБОУ ВО «Пензенский ГТУ», г. Пенза, Россия,  
e-mail: lozhkina.ekaterina2016@gmail.com, serg666\_65@mail.ru,  
konovalev-penza@rambler.ru, kovaleva798@mail.ru)

## СМЕСИТЕЛЬ СЫПУЧИХ КОРМОСМЕСЕЙ

*Аннотация.* Представлено описание смесителя сыпучих кормосмесей с двумя комбинированными шнеково-ленточными рабочими органами, имеющего чередующиеся шнековые и многозаходные ленточные спирали.

*Ключевые слова:* смеситель, шнек, спираль, лопасть.

**E. B. Lozhkina, S. M. Vedishchev, V. V. Konovalev, T. M. Kovaleva**  
(TSTU, Tambov, Russia;  
Penza State Technical University, Penza, Russia)

## MIXER OF BULK FEED MIXTURES

*Abstract.* The article presents a description of a mixer of bulk feed mixtures with two combined screw-belt working bodies having alternating screw and multi-pass tape spirals.

*Keywords:* mixer, screw, spiral, blade.

Для приготовления сухих рассыпных кормосмесей в условиях небольших животноводческих ферм предлагается смеситель (рис. 1), позволяющий получать смесь в соответствии с зоотехническими требованиями при небольших удельных затратах энергии [1].

Смеситель сыпучих кормосмесей включает наклонный корпус 1 (рис. 1) с углом наклона  $\alpha$  от 0 до 45°, многосекционный бункер 2 для наполнителя и добавок, выгрузное отверстие 3, перекрываемый заслонкой 4 и комбинированный шнеково-ленточный рабочий орган, который имеет трубчатый вал 5 установленный в подшипниковых опорах 6 и 7, у которого в зоне многосекционного бункера 2 имеются продольные прорезы 8, длиной равные длине многосекционного бункера 2, а на противоположном конце трубчатого вала 5 также имеются продольные прорезы 9, причем их длина соответствует размеру выгрузного отверстия 3, причем между прорезями 9 крепятся лопасти 10, отогнутые от радиального направления на угол  $\beta = 25...40^\circ$ ,

причем ширина прорези 9 соответствует расстоянию между крепящимися лопастями 10, число которых составляет от 2 до 8 штук, на наружной части трубчатого вала 5, от начала многосекционного бункера 2 до лопастей 10 крепятся чередующиеся шнековые спирали 11 и многозаходные ленточные спирали 12, причем длина указанных спиралей 11 и 12 соответствует от 1 до 4 их виткам, причем край ленточных многозаходных спиралей 12 заходит в межлопастное пространство от 1/4 до 1/8 длины лопастей 10 и располагается между лопастями 10, причем внутри трубчатого вала 5 установлен вал 13, вращающийся в подшипниковых опорах 14 и 15, причем на валу 13 крепятся чередующиеся шнековые спирали 16 и ленточные спирали 17, причем длина данных спиралей соответствует от 1/4 до 1/8 их виткам, причем в зоне лопастей 10 имеется неподвижный лоток 18 крепящийся к втулке 19, установленный между подшипниковых опор 14 и 20 и фиксируемый кронштейном 21 к фланцу 22 корпуса 1 [2 – 4].

Предложенная конструкция смесителя позволяет за счет интенсификации процесса взаимопроникновения компонентов сократить время приготовления порции кормовой качественной кормосмеси в условиях небольших животноводческих ферм [2 – 4].

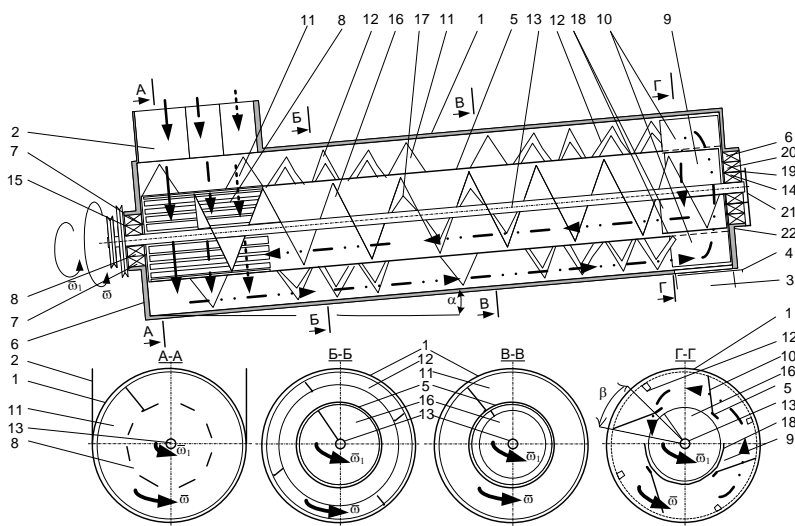


Рис. 1. Схема шнеково-ленточного смесителя сухих рассыпных кормосмесей

### **Список использованных источников**

1. Приготовление комбикормов в условиях КФХ / С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, А. В. Прохоров и др. // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию П. В. Сенина, Саранск, 22–23 ноября 2023 года. – Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, 2024. – С. 13 – 22.
2. Моделирование критической частоты вращения лопастного ротора с отогнутыми лопастями в циркуляционном смесителе кормосмесей / Т. М. Ковалева, С. М. Ведищев, В. Ю. Зайцев, В. В. Коновалов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2024. – Т. 25, № 4. – С. 700 – 711.
3. Теоретическое обоснование частоты вращения лопастного погрузчика в циркуляционном смесителе / М. Е. Выгузов, С. М. Ведищев, В. Ю. Зайцев, В. В. Коновалов // Наука в центральной России. – 2024. – № 2(68). – С. 15 – 25.
4. Пат. № 2804750 С1 Российская Федерация, МПК В01F 27/72. Смеситель сыпучих кормов. № 2022129557 ; заявл. 15.11.2022 ; опубл. 04.10.2023 / Ведищев С. М., Прохоров А. В., Хольшев Н. В. и др. ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет».

### **References**

1. Preparation of compound feeds in the conditions of farms / S. M. Vedishchev, A. I. Zavrazhnov, A.V. Prokhorov et al. // Energy-efficient and resource-saving technologies and systems : materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of P. V. Senin, Saransk, November 22–23, 2023. – Saransk : N. P. Ogarev National Research Mordovian State University, 2024. – P. 13 – 22.
2. Modeling of the critical rotation frequency of a blade rotor with bent blades in a circulating mixer of feed mixtures / T. M. Kovaleva, S. M. Vedishchev, V. Yu. Zaitsev, V. V. Konovalov // Agrarian science of the Euro-North-East. – 2024. – V. 25, No. 4. – P. 700 – 711.
3. Theoretical substantiation of the rotation frequency of a paddle loader in a circulating mixer / M. E. Vyuzov, S. M. Vedishchev, V. Yu. Zaitsev, V. V. Konovalov // Science in Central Russia. – 2024. – № 2(68). – P. 15 – 25.
4. Pat. No. 2804750 C1 Russian Federation, IPC B01F 27/72. Mixer of bulk feed : No. 2022129557 : application 15.11.2022 : publ. 04.10.2023 / Vedishchev S. M., Prokhorov A. V., Holshev N. V. et al. ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”.

**С. А. Никишин, К. В. Немтинов**  
(ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: gmy67@yandex.ru, kir155@mail.ru)

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА**

*Аннотация.* Для облегчения работ в крестьянско-фермерских хозяйствах путем механизации разработана многофункциональная машина на базе колесного трактора МТЗ-82, состоящая из универсальной рамы подъема грузов (фронтальный погрузчик) и ряда быстросъемных агрегатов. Для улучшения характеристик и качественных показателей данной машины разработана система контроля (видео камеры дополнительного обзора, датчики веса и др.).

*Ключевые слова:* фронтальный погрузчик, навесное оборудование, быстросъемные агрегаты, система контроля функционирования погрузчика.

**S. A. Nikishin, K. V. Nemtinov**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
“TSTU”, Tambov, Russia)

## **DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM FOR A FRONT LOADER**

*Abstract.* To facilitate work in peasant farms by means of mechanization, a multifunctional machine based on the MTZ-82 wheeled tractor has been developed, consisting of a universal frame for lifting loads (front loader) and a number of quick-release units. To improve the characteristics and quality indicators of this machine, a control system has been developed (additional video cameras, weight sensors, etc.).

*Keywords:* front loader, attachments, quick-release units, loader operation control system.

Целью работы является разработка конструкции и изготовление бюджетной многофункциональной машины для агротехнических работ с улучшенными характеристиками, на базе колесного трактора МТЗ-82 с возможностью увеличения спектра выполняемых работ при помощи дополнительных быстросъемных агрегатов, что позволит уменьшить территории для хранения агрегатов. Данная разработка является актуальной в условиях импортозамещения. Для облегчения труда в крестьянско-фермерском хозяйстве необходимо определенное количество специализированной техники. Основным видом такой техники является трактор с фронтальным погрузчиком, так как часто

приходится осуществлять погрузочно-разгрузочные работы различных грузов (зерно, сено, грунт, навоз и т.д.) [1 – 3]. В данный момент на рынке представлены фронтальные погрузчики иностранного и отечественного производства, но они ориентированы на определенные виды работ, большая их часть не является быстросъемными, поэтому было принято решение спроектировать машину для агротехнических работ с более широким спектром выполняемых работ [4].

Основными критериями при проектировании было изготовление универсального быстросъемного агрегата, который мог бы отсоединить при необходимости от трактора механизатор без посторонней помощи. Еще одним из важных аспектов разработки являлась длина стрелы, она позволит выполнять погрузку на большую высоту и загружать прицеп с одного борта без переездов.

Важным элементом данной конструкции являются разрабатываемые быстросъемные агрегаты, предназначенные для выполнения различных видов работ, которые можно без усилий установить на специализированное крепление, что делает данную машину многофункциональной. В состав машины должны войти следующие агрегаты: ковш для сыпучих материалов; захват для европаллет; стрела с крюком для поднятия грузов; бур; бульдозерный отвал; специализированный захват с набором насадок для фиксации различной формы предметов; фронтальная роторная косилка; люлька для сбора плодовых культур [5].

Для улучшения характеристик многофункциональной машины была разработана система контроля функционирования погрузчика, включающая:

- беспроводные видеокамеры с выводом картинки на планшет для улучшения обзора в труднодоступных местах и «мертвых зонах»;
- бортовые весы с тензодатчиками для предотвращения перегрузов самой машины и учета поднимаемых и загружаемых грузов.

На рисунке 1 приведены примеры оборудования разрабатываемой системы контроля функционирования погрузчика.

Новые технологические решения производства многофункциональной машины для агротехнических работ в настоящее время реализуются на производственном предприятии АО «ТЗ «Октябрь», г. Тамбов.

Для удобства сборки и транспортировки данная машина разработана из нескольких основных узлов, это позволит выполнять сборку и монтаж элементов погрузчика на трактор двум специалистам без видимых усилий.



a)



b)

**Рис. 1. Визуализация элементов системы контроля:**  
*a* – видеокамера; *б* – бортовые весы с тензодатчиками

***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(153). – С. 75 – 83.
2. Немтинов, В. А. Автоматизированное проектирование технологических процессов производства изделий машиностроения с учетом оценки фактора профессионального риска для обслуживающего персонала / В. А. Немтинов, Ж. Е. Зимнухова // Вестник машиностроения. – 2010. – № 12. – С. 73 – 77.
3. Немтинов, В. А. Применение теории нечетких множеств и экспертных систем при автоматизированном выборе элемента технической системы /

В. А. Немтинов, С. Я. Егоров, П. И. Пахомов // Информационные технологии. – 2009. – № 10. – С. 34 – 38.

4. 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.

5. Бояркина, И. В. Технологическая механика одноковшовых фронтальных погрузчиков : монография / И. В. Бояркина. – Омск : СибАДИ, 2011. – 336 с.

### *References*

1. 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(153). – P. 75 – 83.

2. Nemtinov, V. A. computer-Aided design of technological processes of production of mechanical engineering products taking into account an assessment of a factor of professional risk for service personnel / V. A. Nemtinov, Zh. E. Zimnukhova // Vestnik mashinostroeniya. – 2010. – № 12. – P. 73 – 77.

3. Nemtinov, V. A. Application of the theory of fuzzy sets and expert systems in the automated selection of the element of the technical system / V. A. Nemtinov, S. Ya. Egorov, P. I. Pakhomov // Information technologies. – 2009. – № 10. – P. 34 – 38.

4. 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.

5. Boyarkina, I. V. Technological mechanics of single-axle front loaders : monograph / I. V. Boyarkina. – Омск : SibADI, 2011. – 336 p.



**Х. Фарур**

(Кафедра «Технологические процессы,  
аппараты и техносферная безопасность»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия; г. Аннаба, Алжир,  
e-mail: hamza.faarour@gmail.com)

## **КАСКАДНЫЙ ГРАВИТАЦИОННЫЙ СМЕСИТЕЛЬ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

*Аннотация.* Разработана конструкция каскадного гравитационного смесителя зернистых материалов. За счет создания перекрестных потоков смешиваемых компонентов и их интенсивного перемешивания в объеме смесителя обеспечивается высокая эффективность процесса смешивания.

*Ключевые слова:* сыпучий материал, смешивание, каскадный смеситель, эффективность.

**H. Farour**

(TSTU, Tambov, Russia; Annaba, Algeria)

## **CASCADING GRAVITY MIXER OF THE BULK MATERIALS**

*Abstract.* We have developed the design of a cascade gravity mixer for granular materials. By creating crossflows of the components to be mixed and their intensive mixing in the volume of the mixer, a high efficiency of the mixing process is ensured.

*Keywords:* bulk material, mixing, cascading mixer, and efficiency.

Каскадные смесители зернистых материалов широко используются в различных отраслях промышленности. Они предназначены для равномерного смешивания сыпучих материалов, что является важным условием для обеспечения качества конечного продукта [1].

Существующие конструкции каскадных смесителей имеют несколько недостатков, в том числе:

1. Неравномерное смешивание, вследствие чего при использовании материалов с различными физическими свойствами смесь может иметь высокую неоднородность.

2. Сложность в обслуживании, что может существенно замедлить производственный процесс [2].

Авторы настоящей работы разработали каскадный гравитационный смеситель сыпучего материала, в котором смесь требуемого качества образуется за счет организации разрыхленных потоков, многократного перераспределения этих потоков и равномерного распределения смешиваемых компонентов в поперечном и продольном сечениях смесителя [3].

Гравитационный смеситель сыпучих материалов (рис. 1) состоит из цилиндрического корпуса 1, загрузочных 2 и 3 и разгрузочного 4 патрубков, распределителя потока материала 5.

В корпусе смесителя установлены чередующиеся по его высоте верхние 6 и нижние 7 пересыпные воронки. Над нижней пересыпной воронкой смонтирована направляющая воронка 8, служащая для подачи частиц смешиваемых компонентов.

Верхняя пересыпная воронка 6 состоит из осесимметричных высоких 9, начиная с наружного, и низких 10 перевернутых усеченных конусов в смежных рядах. В зазорах между конусами 9 и 10 по высоте низких конусов закреплены изогнутые лопатки 11 с противоположным наклоном в смежных зазорах.

Нижняя пересыпная воронка 7 состоит из осесимметричных высоких 12, начиная с наружного, и низких 13 усеченных конусов в смежных рядах, установленных большим основанием вниз с одинаковым углом наклона образующей к вертикали и с зазором относительно друг друга в проекции на горизонтальную плоскость. В зазорах между конусами 12 и 13 по высоте низких конусов закреплены изогнутые лопатки 14, которые имеют противоположный наклон в смежных зазорах.

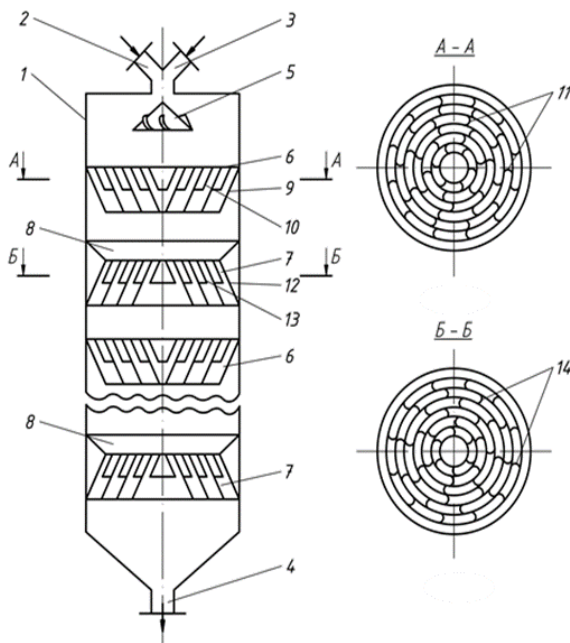


Рис. 1. Каскадный гравитационный смеситель сыпучих материалов

Принцип действия гравитационного смесителя для сыпучих материалов заключается в следующем.

Смешиваемые компоненты с помощью дозатора подаются через загрузочные патрубки 2 и 3 в корпус 1 смесителя на конусный распределитель потока материала 5. Частицы смешиваемых компонентов проходят по винтовым лопастям распределителя, равномерно распределяются по поперечному сечению корпуса 1 смесителя и направляются параллельными разрыхленными потоками в кольцевые зазоры, образованные перевернутыми усеченными конусами 9 и 10 верхней пересыпной воронки 6. В зазорах между конусами падающие частицы разрыхленных потоков контактируют с внутренними поверхностями усеченных конусов, а также с изогнутыми лопастями 11. При этом частицы изменяют траекторию движения, перемещаются в противоположные стороны по концентрическим окружностям в смежных кольцевых зазорах на некоторое расстояние и перемешиваются.

Далее сыпучий материал с помощью направляющей воронки 8 направляется на нижнюю пересыпную воронку 7 в зону интенсивного перемешивания. Сыпучий материал попадает в кольцевые зазоры, образованные усеченными конусами 12 и 13 нижней пересыпной воронки 7, где процесс смешивания повторяется. В результате происходит перераспределение частиц в пересекающихся потоках и их интенсивное поперечное и продольное перемешивание в пространстве между пересыпными воронками.

Кроме того, в кольцевых зазорах нижней пересыпной воронки частицы сыпучего материала при взаимодействии с изогнутыми лопастями 14 также изменяют траекторию движения и тем самым дополнительно перемешиваются.

Выгрузка готовой смеси проводится через патрубок 4.

Проведенные экспериментальные исследования свидетельствуют, что за счет создания перекрестных потоков смешиваемых компонентов и их интенсивного перемешивания разработанная конструкция смесителя позволяет интенсифицировать процесс перемешивания частиц и повысить качество готовой смеси.

#### ***Список использованных источников***

1. Макаров, Ю. И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю. И. Макаров. – М. : Машиностроение, 1973. – 216 с.
2. Nienow, A. W. *Mixing in the Process Industries* / A. W. Nienow, M. F. Edwards, N. Harnby. – Butterworth-Heinemann, 1997. – 432 с.
3. Пат. 2821456 Российская Федерация, МПК В01F 23/60 (2022.01). Гравитационный смеситель сыпучих материалов / Борщев В. Я., Фарур Х., Макаров В. С. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ТГТУ». – № 2024109721 ; заявл. 10.04.2024 ; опубл. 24.06.2024, Бюл. № 18. – 11 с.

**Б. С. Т. Таха**

(Кафедра «Технологические процессы, аппараты  
и техносферная безопасность»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия; г. Багдад, респ. Ирак,  
e-mail: bilalsaad\_t@yahoo.com)

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ В ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Аннотация.* Рассмотрены возможности использования технологий очистки воды при переработке сельскохозяйственной продукции, проведен анализ различных процессов очистки, предложена универсальная технология очистки воды, позволяющая проводить процесс с различной степенью очистки.

*Ключевые слова:* мембранные процессы, переработка продукции.

**B. S. T. Taha**

(Department “Technological processes,  
devices and technosphere security”,  
TSTU, Tambov, Russia; Baghdad, Iraq)

## **POTENTIAL FOR THE APPLICATION OF WATER TREATMENT TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL PRODUCT PROCESSING**

*Abstract.* The possibilities of using water treatment technologies in agricultural product processing are considered. An analysis of various treatment processes has been conducted, and a universal water treatment technology is proposed that allows the process to be carried out with varying degrees of purification.

*Keywords:* membrane processes, product processing.

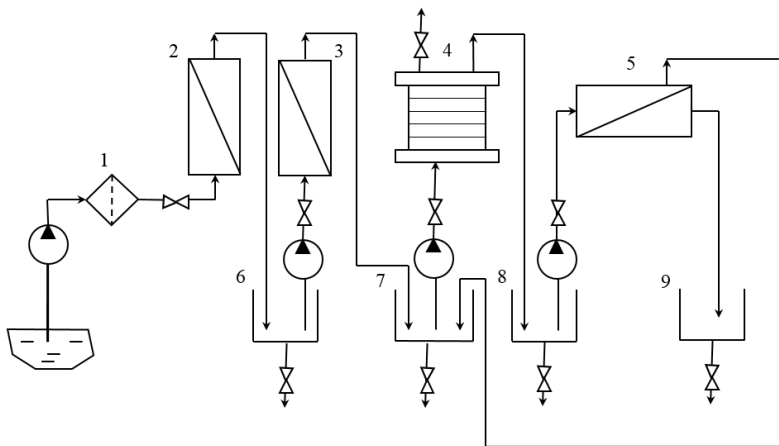
The quality of processed agricultural products, like that of any production, depends on the quality of the raw materials used. Water, as a raw material source, is widely used in all industries. Modern agriculture employs chemicals for treating soil, plants, and animals, which negatively affects the quality of water extracted and used in production.

The timely processing of agricultural products is crucial for the industry's economy, which is why processing complexes are often established near the areas where agricultural products are grown. The proximity of crop production, livestock farming, and processing industries imposes several constraints on how the processing operations are organized, particularly regarding water treatment and water preparation processes.

The most common and advanced methods of water treatment and preparation are membrane separation processes: ultrafiltration, nanofiltration, reverse osmosis, electrodialysis, as well as sorption processes. The absence of phase change in the treated medium characterizes these processes by low energy consumption. The ability to organize a continuous process and the wide range of removable components are positive distinguishing features of membrane processes compared to hydromechanical and thermal water treatment processes.

Ultrafiltration and nanofiltration are processes used for water purification from organic contaminants and colloidal particles [1]. The electrodialysis separation process allows for the removal of ions of contaminating components (salts, inorganic acids, and bases) from aqueous solutions [2]. Reverse osmosis is a deep-water purification process that enables the production of water with the quality of distilled water, free from viruses and bacteria [3].

Thus, the characteristics of the extracted water and the requirements for the source water determine the choice of purification technology. However, it is often not possible to conduct a detailed analysis of the extracted water, which creates the need for developing a universal purification technology. Figure 1 presents a diagram of the extracted water purification process with the option to collect water after any separation stage.



**Fig. 1. Diagram of the universal water purification technology in agricultural product processing**

The technology consists of primary mechanical filtration (1), ultrafiltration purification (2), subsequent nanofiltration treatment (3), electro dialysis desalination (4), and final reverse osmosis separation (5). As a result, different degrees of purification can be achieved by collecting water from various tanks: tank 6 if only purification from colloidal particles is required, tank 7 for purification from organic components, tank 8 when a reduction in the mineralization level of the aqueous solution is needed, and tank 9 for obtaining water of distilled quality.

Thus, the use of the proposed universal purification technology allows for obtaining water of the required quality without additional energy costs and minimizes the negative environmental impact of treatment facilities, which is especially important when implementing the discussed technologies in close proximity to agricultural enterprises.

#### ***Список использованных источников***

1. Алексеева, Н. В. Ультрафильтрационное разделение промывных вод производства пигментов алого, желтого и оранжевого / Н. В. Алексеева, В. Ю. Литницкий, А. Я. Куликов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 282 – 288.
2. Джубари, М. К. Математическая модель переноса ионов в процессе электролиза / М. К. Джубари, Н. В. Алексеева // Ползуновский вестник. – 2021. – № 3. – С. 170 – 178.
3. Лазарев, С. И. Очистка сточных вод молочных предприятий обратным осмосом и ультрафильтрацией / С. И. Лазарев, В. Б. Коробов, С. В. Мукин // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1999. – № 5-6(252-253). – С. 96 – 98.

#### ***References***

1. Alekseeva, N. V. Ultrafiltration Separation of Wash Waters in the Production of Red, Yellow, and Orange Pigments / N. V. Alekseeva, V. Yu. Litnitsky, A. Ya. Kulikov // Bulletin of Tambov State Technical University. – 2019. – V. 25, No. 2. – P. 282 – 288.
2. Gubari, M. Q. Mathematical Model of Ion Transport in the Electro dialysis Process / M. Q. Gubari, N. V. Alekseeva // Polzunovsky Bulletin. – 2021. – No. 3. – P. 170 – 178.
3. Lazarev, S. I. Wastewater Treatment of Dairy Enterprises by Reverse Osmosis and Ultrafiltration / S. I. Lazarev, V. B. Korobov, S. V. Mukin // Proceedings of Higher Educational Institutions. Food Technology. – 1999. – No. 5-6(252-253). – P. 96 – 98.

**Кадум Али Хуссейн Кадум**

(Кафедра «Техника и технологии производства нанопроductов»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия; г. Багдад, Ирак,  
e-mail: iris\_tamb68@mail.ru)

**ВЫСОКОПОРИСТЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ  
НА ОСНОВЕ КУКУРУЗНОГО КРАХМАЛА  
ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УДАЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ  
ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД**

*Аннотация.* Для обеспечения экологической безопасности гидрогеосистем предложено в качестве эффективного сорбционного материала применять высокопористый углеродный материал на основе кукурузного крахмала. Изучены механизмы удаления органических красителей из водных сред на углеродном сорбенте из продуктов переработки сельскохозяйственной продукции.

*Ключевые слова:* сельскохозяйственная продукция, кукурузный крахмал, экологический мониторинг, адсорбция, органические красители.

**Kadum Ali Hussain Kadum**

(Department “Equipment and Technologies  
for the Nanoproducts Production”  
TSTU, Tambov, Russia; Baghdad, Iraq)

**HIGHLY POROUS CARBON MATERIAL BASED  
ON CORN STARCH FOR THE EFFECTIVE REMOVAL  
OF ORGANIC POLLUTANTS FROM AQUATIC ENVIRONMENTS**

*Abstract.* To ensure the environmental safety of hydrogeosystems, it is proposed to use a highly porous carbon material based on corn starch as an effective sorption material. The article studies the mechanisms of removing organic dyes from aqueous media on a carbon sorbent from agricultural processing products.

*Keywords:* agricultural products, corn starch, environmental monitoring, adsorption, organic dyes.

Для получения эффективных сорбентов применяется широчайший спектр веществ-предшественников. Среди прочего можно выделить в одну группу материалы, представляющие собой результат переработки сельскохозяйственного сырья – подсолнечник, соя, рисовая шелуха, люцерна и т.д. Все эти культуры содержат в основном углерод, кислород и водород, а также неорганические соединения – золу. Для получения сорбентов из указанного сырья выбранную биомассу

подвергают термической обработке, при необходимости модифицируют активными добавками. Многими научными коллективами разрабатываются новые сорбенты внесением наноматериалов – углеродные нанотрубки (УНТ), оксид графена (ОГ) и др. Они показывают очень высокую эффективность в процессах удаления из жидкостей органических красителей. В статье [1] представлены результаты по адсорбционной емкости пористого материала на основе модифицированного углерода – 2555 мг/г при удалении молекул МС красителя. В статье [2] была исследована сорбционная емкость нанокompозитного материала на основе оксида графена модифицированного лигносульфонатом. В результате извлечения молекул МС красителя, авторами статьи выявлена адсорбционная емкость адсорбента – 1822,3 мг/г. Авторы статьи [3] для удаления молекул МС красителя использовали графеновый аэрогель. В результате исследований выявлена адсорбционная емкость графенового аэрогеля, равная 420 мг/г.

Целью исследований является получение эффективных высокопористых сорбентов на основе возобновляемого сельскохозяйственно-го сырья – отходов производства кукурузы, для решения двух основных проблем водопотребления АПК РФ – ремедиации загрязненных объектов и улучшения качества водоподготовки для нужд АПК и экологически чистых агро- и аквахозяйств.

Для получения высокопористого углеродного сорбента в качестве исходных компонентов использовали водные растворы декстрина, фенолформальдегидную смолу и многостенные углеродные нанотрубки (УНТ) (ООО «Нанотехцентр», г. Тамбов). Смесь равномерно перемешивали при 300 °С, затем смешивали с гидроксидом калия и активировали при 750 °С. Материал ступенчато промывали водным раствором соляной кислоты и дистиллированной водой. Полученную водную пасту сушили при 110 °С до постоянной массы.

Итоговый материал представляет собой мелкодисперсный порошок черного цвета. Согласно сканирующей электронной микроскопии, высокопористый углерод представляет композит, в структуре которого наблюдаются отдельные деформированные в результате щелочной активации УНТ (диаметром 10...20 нм), покрытые достаточно однородным слоем некой оболочки. Согласно элементному анализу, рассматриваемый образец представляет собой углеродный материал при количестве С = 94,09 мас. % с примесью кислорода О = 5,67 мас. %. Наличие кислорода связано с хемосорбцией атмосферного кислорода на поверхности полученного материала из-за того, что активацию проводят в восстанови-



тельной среде, содержащей металлический калий. Удельная поверхность материала по методу БЭТ составляет  $2360 \text{ м}^2/\text{г}$  по адсорбции азота.

Для оценки сорбционной способности разработанного материала проводили жидкофазную сорбцию в статическом режиме на примере модельных растворов органических красителей метиленового синего (МС) и малахитового зеленого (МЗ). Условия эксперимента:  $0,01 \text{ г}$  сорбента, начальная концентрация растворов красителей МС и МЗ составляла  $1500 \text{ мг/л}$ , объем раствора –  $30 \text{ мл}$ . Растворы встряхивали в течение  $5, 10, 15, 30$  и  $60 \text{ мин}$  при  $100 \text{ об/мин}$  и комнатной температуре на ротаторе Multi Bio RS-24 (Biosan) и затем фильтровали. Во всех сорбционных экспериментах количество красителя в жидкой фазе до и после адсорбции определяли спектрофотометрически (Экрос, Санкт-Петербург, Россия) при длинах волн  $815$  и  $710 \text{ нм}$  для МС и МЗ, соответственно.

По результатам экспериментов были построены кинетические зависимости адсорбции МС и МЗ (рис. 1).

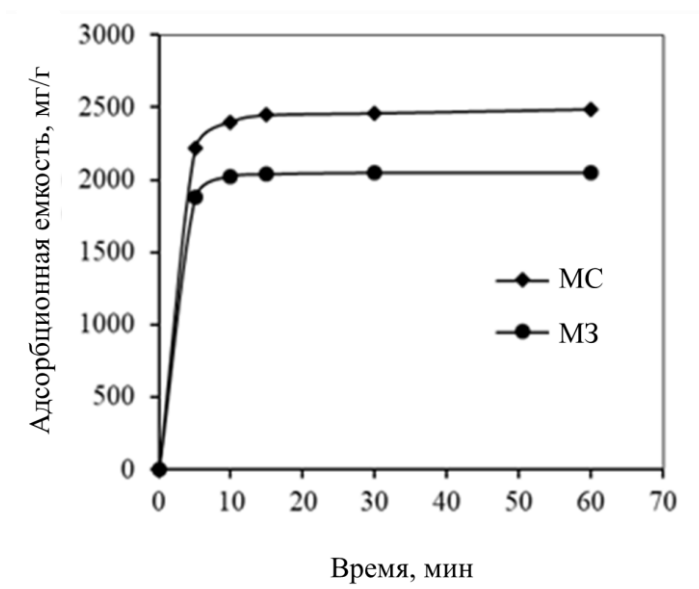


Рис. 1. Кинетика адсорбции молекул МС и МЗ на МПУ

Согласно полученным данным, поглощение имеет стремительный характер – адсорбционное равновесие достигается в течение  $15 \text{ мин}$ .

При этом материал проявляет высокую адсорбционную активность по отношению к органическим молекулам: 2446,6 мг/г по МС и 2043,1 мг/г по МЗ.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-13-20074, <https://rscf.ru/project/22-13-20074>.*

#### **Список использованных источников**

1. Porous material based on modified carbon and the effect of pore size distribution on the adsorption of methylene blue dye from an aqueous solution / A. Memetova, I. Tyagi, Suhas P. Singh, E. Mkrtychyan, et al. // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2022. – V. 30(9). – P. 22617 – 22630.
2. Synthesis of nanocomposite material based on graphene oxide modified with lignosulfonate / E. S. Mkrtychyan, I. V. Burakova, A. E. Burakov, et al. // *Liquid Crystals and their Application*. – 2022 – V. 22(3). – P. 38 – 48.
3. Comparative analysis of the adsorption kinetics of the methylene blue dye on graphene aerogel and activated coconut carbon / E. S. Mkrtychyan, E. A. Neskornnaya, I. V. Burakova, et al. // *Advanced Materials & Technologies*. – 2020 – V. 4(20). – P. 21 – 28.

**А. В. Акименко, Е. А. Аникеев**  
(Кафедра компьютерных технологий  
и микроэлектронной инженерии,  
ФГБОУ ВО «ВГЛУ им. Г. Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия,  
e-mail: akime77@mail.ru, eanikeev@gmail.com)

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ФАКЕЛОМ РАСПЫЛА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ  
РАВНОМЕРНОСТИ ПОЛИВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
КУЛЬТУР ВЕЕРНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ  
УСТАНОВКАМИ ПРИ НАЛИЧИИ ВЕТРА**

*Аннотация.* Статья посвящена повышению качества орошения сельскохозяйственных угодий дождевальными установками веерного типа. В целях более равномерного распределения влаги по орошаемой площади при наличии ветра предлагается к применению система управления факелом распыла.

*Ключевые слова:* дождевание, равномерность полива, факел распыла, скорость ветра, направление ветра.

**A. V. Akimenko, E. A. Anikeev**  
(Department of Computer Technologies  
and Microelectronic Engineering,  
VSUFT named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia)

**THE USE OF A SPRAY TORCH CONTROL SYSTEM  
TO INCREASE THE UNIFORMITY OF CROPS IRRIGATION  
WITH FAN SPRINKLERS IN THE PRESENCE OF WIND**

*Abstract.* The article is devoted to improving the quality of agricultural lands irrigation with fan-type sprinkler systems. In order to distribute moisture more evenly over the irrigated area in the presence of wind, a spray torch control system is proposed for use.

*Keywords:* sprinkling, irrigation uniformity, spray torch, wind speed, wind direction.

Одним из наиболее эффективных способов орошения полевых культур является дождевание [3, 4].

В настоящее время отечественной и зарубежной промышленностью выпускается широкий спектр дождевальных машин (рис. 1): Bauer (Австрия), Valley, T-L Irrigation, Zimmatic (США), Opti Rain (Италия), ZDM-Irrigation, Irrigreat (Россия) и т.д.

Различают два основных типа дождевальных установок: струйные и веерные. Первые орошают сельхозугодия вращающейся направленной струей, вторые разбрызгивают воду, образуя круговой факел распыла.

Следует учитывать, что при наличии ветра качество дождевания снижается из-за неравномерного распределения влаги по орошаемой площади [3, 5]. Эта проблема особенно актуальна для регионов, в которых ветреная погода преобладает в течение оросительного сезона.



**Рис. 1.** Дождевальная установка Zimmatic компании Lindsay (США)

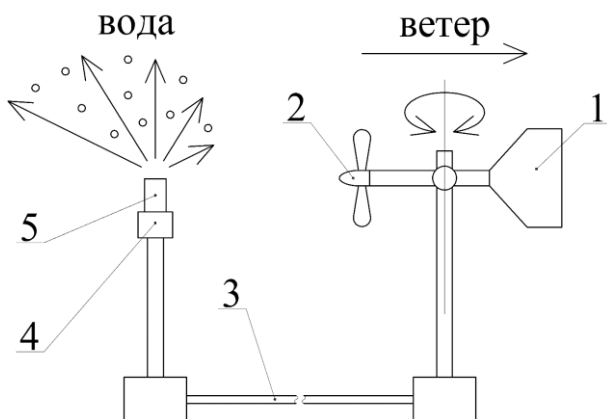
В целях повышения равномерности полива сельскохозяйственных культур дождевальными установками веерного типа при наличии ветра, предлагается система управления факелом распыла [1, 2], схема которой представлена на рис. 2.

В дождевальную форсунку 5 встроен механизм управления факелом распыла 4. Устройство оснащено датчиками направления 1 и скорости 2 ветра, связанными электронным каналом управления 3 с механизмом 4. Первый датчик представляет собой флюгер, второй – анемометр.

При отсутствии ветра механизм 4 находится в нейтральном положении, и форсунка 5 создает круговой факел распыла, равномерно распределяя воду во всех направлениях (рис. 3, а).

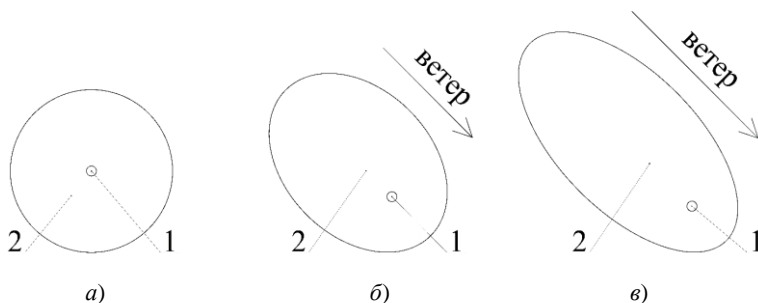
При появлении ветра флюгер 1 ориентируется по его направлению, а анемометр 2 начинает вращаться. Оба датчика через электронный канал 3 подают сигналы управления к механизму 4.

При этом механизм 4 перенаправляет поток воды таким образом, что большая ее часть разбрызгивается против ветра. Факел распыла принимает в плане форму, близкую к эллипсу, центр которого смещен относительно форсунки 5 навстречу ветру в соответствии с сигналом, поступающим от датчика направления ветра 1 (рис. 3, б).



**Рис. 2. Система управления факелом распыла:**

- 1 – датчик направления ветра (флюгер);  
 2 – датчик скорости ветра (анемометр); 3 – канал управления;  
 4 – механизм управления факелом распыла; 5 – форсунка



**Рис. 3. Преобразование горизонтальной проекции факела распыла в зависимости от ветра:**

- а – безветрие; б – слабый ветер; в – сильный ветер;  
 1 – форсунка; 2 – факел распыла

Частота вращения анемометра 2 изменяется пропорционально скорости ветра, и в зависимости от нее, эллипс факела распыла плавно преобразует свою конфигурацию, еще более «вытягиваясь» в наветренную сторону при усилении ветра (рис. 3, в).

Предполагаемый эффект от применения вышеописанной системы заключается в том, что изменение конфигурации факела распыла компенсирует перенос воды ветром, тем самым способствуя более равномерному поливу.

#### ***Список использованных источников***

1. Акименко, А. В. Обзор инновационных средств орошения для южных регионов Российской Федерации / А. В. Акименко, А. Ю. Черемисинов // Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства : материалы I Междунар. науч.-практ. конф. факультета землеустройства и кадастров ВГАУ. – Воронеж, 2019. – С. 14 – 19.
2. Акименко, А. В. Повышение равномерности полива сельскохозяйственных культур дождевальными установками веерного типа при наличии ветра / А. В. Акименко, А. Ю. Черемисинов // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – Воронеж, 2018. – № 2(7). – С. 12 – 15.
3. Базавлук, В. А. Мелиоративное обустройство территорий : учебное пособие / В. А. Базавлук – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 185 с.
4. Безлер, Н. В. Растениеводство : учебное пособие / Н. В. Безлер, Д. И. Щеглов – Воронеж : Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2011. – 52 с.
5. Шуравилин, А. В. Мелиорация : учебное пособие / А. В. Шуравилин, А. И. Кибeka – М. : ЭКСМОС, 2006. – 944 с.

#### ***References***

1. Akimenko, A. V. Obzor innovatsionnyh sredstv orosheniya dlya yuzhnyh regionov Rossiyskoy Federatsii / A. V. Akimenko, A. Yu. Cheremisinov // Collection of land management actual problems, cadastre and environmental management : Materials of the I International scientific and practical conference of the Faculty of Land Management and Cadastre of the VSAU. – Voronezh, 2019. – P. 14 – 19.
2. Akimenko, A. V. Povishenie ravnomernosti poliva selskhozoyaisvennykh kultur dozhdvalnymi ustanovkami veernogo tipa pri nalichii vetra / A. V. Akimenko, A. Yu. Cheremisinov // Models and technologies of environmental management (regional aspect). – Voronezh, 2018. – No. 2(7). – P. 12 – 15.
3. Bazavluk, V. A. Meliorativnoe obustriystvo territoriy : study guide / V. A. Bazavluk. – Tomsk : Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2014. – 185 p.
4. Bezler, N. V. Rastenievodstvo : study guide / N. V. Bezler, D. I. Shcheglov. – Voronezh : Publishing and Printing Center of VSU, 2011. – 52 p.
5. Shuravilin, A. V. Melioratsiya : study guide / A. V. Shuravilin, A. I. Kibeka. – M. : EKSMO, 2006. – 944 p.

**Д. С. Баршутина, Л. Е. Коваленко, С. Н. Баршутин**  
(Кафедра «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: dafge5@yandex.ru)

## **ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ МГД-УСТРОЙСТВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

*Аннотация.* Рассмотрена возможность и перспектива применения методов магнетогидродинамической генерации и магнетогидродинамического способа перекачки жидкости и газа на перерабатывающих предприятиях агропромышленного комплекса.

*Ключевые слова:* МГД-генератор, МГД-насос.

**D. S. Barshutina, L. E. Kovalenko, S. N. Barshutin**  
(Department of Energy Supply of Enterprises and Heat Engineering,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **THE PROSPECT OF USING MHD DEVICES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

*Abstract.* The possibility and prospect of using methods of magnetohydrodynamic generation and magnetohydrodynamic method of pumping liquid and gas at processing enterprises of the agro-industrial complex are considered.

*Keywords:* MHD generator, MHD pump.

Интенсивное развитие агропромышленного комплекса России ставит задачи повышения эффективности использования энергии на перерабатывающих предприятиях. Одним из путей является использование магнетогидродинамической (МГД) генерации для получения электрической энергии. Представленный вид генерации позволяет увеличить КПД генераторов, использующих газовые турбины.

Кроме генераторов, на агропромышленных предприятиях возможно использовать обратный эффект генерации – магнетогидродинамический насос. Преимуществами такого метода перекачки жидкости или газа заключается в отсутствии движущихся частей, что продлевает срок службы такого вида насоса. Следующим преимуществом МГД-насоса является высокая энергетическая эффективность, обеспечивающая меньшие затраты энергии на перекачку жидкости по сравнению с традиционными насосами. МГД-метод перекачки жидкости или газов позволяет работать в особых условиях при экстремальных

температурах, обеспечивая непрерывный поток рабочей среды без пульсаций, а также в условиях повышенной вибрации. Еще одним немаловажным преимуществом для перерабатывающих предприятий агропромышленного комплекса является низкая степень загрязнения при работе МГД-насоса за счет отсутствия движущихся частей. Остальные преимущества в виде компактности и возможности перекачки жидкости или газа с большими скоростями не оставляет сомнения в перспективности применения магнитогидродинамических устройств в перерабатывающих предприятиях агропромышленного комплекса России.

#### ***Список использованных источников***

1. Пат. № 2363088 С2 Российская Федерация, МПК H02K 44/02. Магнитогидродинамический насос / Курбасов А. С. ; № 2007136588/09 ; заявл. 03.10.2007 ; опубл. 27.07.2009.

#### ***References***

1. Pat. No. 2363088 C2 Russian Federation, IPC H02K 44/02. Magneto-hydrodynamic pump / A. S. Kurbasov ; No. 2007136588/09 ; application 03.10.2007 ; publ. 27.07.2009



**М. В. Елина, Д. В. Потанин, Е. А. Маслич**  
(Институт «Агротехнологическая академия» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Россия)

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВА ОТРАСЛИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

*Аннотация.* В ходе исследования установлено, что в России ежегодно производится 73,2 млн. т навоза и 128,34 млн. т растительных остатков. Из них возможно производить до 20,154 млн. т грибов, что превышает современные объемы их промышленного производства в 134,36 раза. Это может привести к дополнительному созданию в масштабах России товарной продукции на 2 418,48 млрд. р. ежегодно. Экономия расходов на внесении органических удобрений составит до 13,67 млрд. р. при производстве основной сельскохозяйственной продукции.

*Ключевые слова:* сельское хозяйство, отходы продукции, ресурсосбережение, грибоводство, эффективность производства.

**M. V. Elina, D. V. Potanin, E. A. Maslich**  
(Institute “Agrotechnological Academy” of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education “V. I. Vernadsky Crimean Federal University”, Simferopol, Russia)

### **PROSPECTS FOR THE USE OF SECONDARY PRODUCTS PRODUCED BY THE AGRICULTURAL SECTOR**

*Abstract.* The study found that 73.2 million tons of manure and 128.34 million tons of plant residues are produced annually in Russia. Of these, it is possible to produce up to 20.154 million tons of mushrooms, which exceeds the current volume of their industrial production by 134.36 times. This may lead to additional creation of marketable products on the scale of Russia for 2,418.48 billion rubles annually. The cost savings on the application of organic fertilizers will amount to 13.67 billion rubles. in the production of basic agricultural products.

*Keywords:* agriculture, waste products, resource conservation, mushroom farming, production efficiency.

**Введение.** Современное интенсивное сельское хозяйство стремится к максимальной продуктивности в производстве товарной продукции, обеспечивая повышение производительности труда и рента-

бельность. Однако современные технологии зачастую игнорируют рациональное использование вторичной, нетоварной продукции. В животноводстве отходы жизнедеятельности скота, такие как навоз, используются лишь как органические удобрения [1]. В результате, современное сельское хозяйство применяет упрощенную пищевую цепь, не раскрывающую потенциал всей полученной биомассы, что может привести к рационализации и углублению производства и переработки [2].

Так, по данным Forbes [3], на первое полугодие 2023 года, в России поголовье крупного рогатого скота составляет 18,3 млн. голов. Суммарное производство зерновой продукции достигает 142,6 млн. тонн [4]. Сельхозтоваропроизводители при прямой утилизации побочной продукции в качестве органических удобрений теряют возможность получения дополнительной прибыли, если не внедряют ее в технологический цикл производства других товаров [5].

Используя получаемую побочную продукцию сельского хозяйства, обладающую высоким содержанием органического вещества, на сегодня возможно больше углубить пищевую цепь, включая ее в промышленное производство грибов.

**Целью исследований является** рассмотрение перспективы внедрения в широкое производство переработки отходов продукции растениеводства и животноводства в выращивании грибов с расчетами увеличения эффективности.

**Результаты.** Учитывая, что среднегодовой выход навоза от единицы КРС составляет 4 т, то его суммарное производство по стране будет равняться ( $18,3 \text{ млн. голов КРС} \times 4 \text{ т навоза/год}$ ) 73,2 млн. т.

В растениеводстве при выращивании зерна производится 142,6 млн. т растительных остатков, с учетом коэффициента выхода 0,9 это составляет 128,34 млн. т. На сегодня соломистые остатки практически не используются и считаются отходами производства. Вследствие этого неиспользуемая солома разбрасывается на полях выращивания.

Решение проблемы рационального использования растительных и животноводческих отходов может заключаться в создании глобальной системы производства грибов. Известно, что в ходе производства грибной продукции от общей биомассы, выход грибов составляет 10% [6]. Это в масштабе общероссийского объема вторичной продукции составляет 20,154 млн. т грибов. При этом, по статистике, в 2023 году в объеме 150 тыс.т. Следовательно, перспективный объем грибоводства на основе переработки вторичных ресурсов превысит существующие объемы в 134,36 раза.

С точки зрения экологии окружающей среды, расщепление органики вследствие микробиологических процессов оставляет так называемый углекислотный след, который при простой цепи производства полностью переносится на основную продукцию [7]. При производстве грибов объем углекислотного следа на единицу произведенной продукции будет снижаться.

С точки зрения экономики, включение в производство нового цикла использования вторичной продукции в грибоводстве, может привести к созданию товарной продукции в объеме (20,154 млн. т грибов × 120 р./кг) 2 418,48 млрд. р.

Кроме этого, с точки зрения экономики производства, можно сократить внесение минеральных удобрений и заменить его на отработанный грибной субстрат. Известно [8], что после производства грибов объем органических ингредиентов субстрата сокращается до 30% от исходного. Следовательно, в случае с отходами отрасли животноводства начальный объем 73,2 млн. т. уменьшится до 21,96 млн. т.

Если учитывать виды работ и нормативы на их выполнение, то можно провести на основе технологических карт простой расчет затрат по выполнению работ по внесению органических удобрений из которых видно, что за счет изменения массы субстрата будет экономиться не менее 13,67 млрд. р. ежегодно.

Таким образом, на основе изложенных расчетных данных, внедрение технологий рационального использования вторичной нетоварной продукции сельского хозяйства повысит эффективность производства. Это связано с созданием нового общественного продукта и экономией затрат на выполнение работ в существующем производстве. Такие меры позволят снизить себестоимость первичной продукции сельского хозяйства.

### **Выводы**

1. В ходе расчетов установлено, что с учетом имеющихся данных производства основной продукции в России ежегодно производится 73,2 млн. т навоза и 128,34 млн. т растительных остатков, которые могут использоваться для дальнейшего рационального использования при производстве грибов.

2. С учетом нормативного метода, из вторичных ресурсов отрасли растениеводства и животноводства (выращивания КРС) возможно производить до 20,154 млн. т грибов, что превышает современные объемы их промышленного производства в 134,36 раза.

3. Производство грибной продукции из растительных остатков и отходов животноводства, в случае их полного включения в производственный цикл выращивания грибов может привести к дополнительному созданию товарной продукции на 2 418,48 млрд. р. ежегодно в масштабах России.

4. За счет естественного уменьшения органического вещества в побочной продукции при производстве грибов объем побочной продукции сокращается до 21,96 млн. т, от первоначального исходного количества навоза это позволит сэкономить в масштабе страны до 13,67 млрд. р. при производстве основной сельскохозяйственной продукции.

#### *Список использованных источников*

1. Ma, Yongsheng & Liu, Lingyun & Zhou, Xiaoyan & Tian, Tian & Xu, Shuai & Li, Dan & Li, Chang-Tian & li, yu. (2023). Optimizing Straw-Rotting Cultivation for Sustainable Edible Mushroom Production: Composting Spent Mushroom Substrate with Straw Additions. *Journal of Fungi*. 9. 925. 10.3390/jof9090925.

2. Li, Chang-Tian & Xu, Shuai. (2022). Edible mushroom industry in China: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 106. 1 – 7. 10.1007/s00253-022-11985-0.

3. Дорогое мясо: почему в России сокращается поголовье быков и коров (URL : <https://www.forbes.ru/prodovolstvennaya-bezopasnost/493867-dorogoe-masopocemu-v-rossii-sokrashaetsa-pogolov-e-bykov-i-korov>) (in Russian)

4. Сбор зерна в РФ в чистом весе в 2023 году составил 142,6 млн тонн. – URL : <https://tass.ru/ekonomika/19622673?ysclid=ls7obczshu879194024> (in Russian)

5. Кшникаткин, С. А. Производство органического удобрения в виде гранул из отработанного субстрата вешенки / С. А. Кшникаткин, И. В. Фомин // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 2786–2790. – URL : <http://e-koncept.ru/2016/86588.htm>. (in Russian)

6. Bala, Kiran & Negi, Kiran & Singh, Ajaib & Lata, Pushp & Kumar, Gaurav & Sengar, Manisha & Malhotra, Jaya. (2023). Mushrooms and Algae– ‘Microorganisms as source Superfoods’: A Review. *Microsphere*. 2. 170 – 179. 10.59118/XAFT4741.

7. Xu, Shuai & Li, Fanyu & Gao, Jialin & Zhou, XiaoYan & Li, Mengnan & Li, Liang & Hui, Chunlin & Zhang, Shuyang & Liu, Kangzhen & Kong, Weihang & li, yu & Li, Changtian. (2023). Low GHG emissions and less nitrogen use in mushroom-based protein production from chitin-containing waste and cottonseed hull with two phase SSF. *Industrial Crops and Products*. 201. 116970. 10.1016/j.indcrop.2023.116970.

8. Liu, Qi & Wang, Sheng & Zhang, Jingyu & He, Tao & Chen, Wen & Zhao, Xuanyue & Bao, Li & Zhang, Naiming. (2023). Research on preparing seedling substrates using edible mushroom waste and application. *Folia Horticulturae*. 35. 10.2478/fhort-2023-0020.

### *References*

1. Ma, Yongsheng & Liu, Lingyun & Zhou, Xiaoyan & Tian, Tian & Xu, Shuai & Li, Dan & Li, Chang-Tian & li, yu. (2023). Optimizing Straw-Rotting Cultivation for Sustainable Edible Mushroom Production: Composting Spent Mushroom Substrate with Straw Additions. *Journal of Fungi*. 9. 925. 10.3390 / jof9090925.
2. Li, Chang-Tian & Xu, Shuai. (2022). Edible mushroom industry in China: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 106. 1 – 7. 10.1007/s00253-022- 11985-0.
3. Expensive meat: why the number of bulls and cows is decreasing in Russia (access mode: <https://www.forbes.ru/prodovolstvennaya-bezopasnost/493867-dorogoe-maso-pocemu-v-rossii-sokrasaetsa-pogolov-e-bykov-i-korov>) (in Russian)
4. Grain harvest in the Russian Federation in net weight in 2023 amounted to 142.6 million tons (access mode: <https://tass.ru/ekonomika/19622673?ysclid=ls7obczshu879194024>) (in Russian).
5. Kshnikatkin S. A., Fomin I. V. Production of organic fertilizer in the form of granules from spent substrate.
6. Bala, Kiran & Negi, Kiran & Singh, Ajaib & Lata, Pushp & Kumar, Gaurav & Sengar, Manisha & Malhotra, Jaya. (2023). Mushrooms and Algae-‘Microorganisms as source Superfoods’: A Review. *Microsphere*. 2. 170 – 179. 10.59118/XAFT4741.
7. Xu, Shuai & Li, Fanyu & Gao, Jialin & Zhou, XiaoYan & Li, Mengnan & Li, Liang & Hui, Chunlin & Zhang, Shuyang & Liu, Kangzhen & Kong, Weihang & li, yu & Li, Changtian. (2023). Low GHG emissions and less nitrogen use in mushroom-based protein production from chitin-containing waste and cottonseed hull with two phase SSF. *Industrial Crops and Products*. 201. 116970. 10.1016/j.indcrop.2023.116970.
8. Liu, Qi & Wang, Sheng & Zhang, Jingyu & He, Tao & Chen, Wen & Zhao, Xuanyue & Bao, Li & Zhang, Naiming. (2023). Research on preparing seedling substrates using edible mushroom waste and application. *Folia Horticulturae*. 35. 10.2478/fhort-2023-0020.

**М. А. Ерусланова, К. В. Немтинов**  
(Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: nemtinov@mail.tstu.ru)

## **РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ И ФИЗИЧЕСКОГО ПРОТОТИПА СЕЯЛКИ ПРЯМОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы разработки электронной модели конструкции сеялки, позволяющей при максимальном упрощении конструкции по сравнению с аналогами, снижении металлоемкости и повышении технологичности изделия как в производстве, так и в эксплуатации, обеспечить наилучшие условия роста посевных культур и значительный рост урожайности. На основе электронной модели изготовлен физический прототип сеялки, тестовые испытания которого показали ее высокую эффективность.

*Ключевые слова:* сеялка прямого посева зерновых культур, электронная модель, физический прототип.

**М. А. Eruslanova, K. V. Nemtinov**  
(Department “Computer-Integrated Systems  
in Mechanical Engineering”,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC MODEL AND A PHYSICAL PROTOTYPE OF A SEEDER FOR DIRECT SOWING OF GRAIN CROPS**

*Abstract.* The article considers the issues of developing an electronic model of the seeder design, which allows, with maximum simplification of the design compared with analogues, reducing metal consumption and increasing the manufacturability of the product, both in production and in operation, to ensure the best conditions for the growth of crops and a significant increase in yield. Based on the electronic model, a physical prototype of the seeder was made, test tests of which showed its high efficiency.

*Keywords:* seeder for direct sowing of grain crops, electronic model, physical prototype.

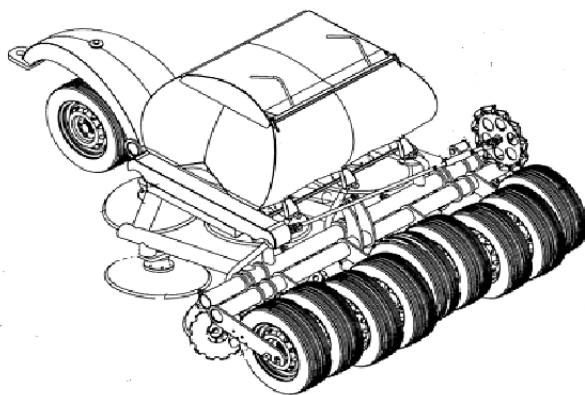
Приверженцы традиционного земледелия используют метод отвальной пропашки, который предполагает механическое воздействие на плодородный слой почвы отвальным плугом [1]. Такой сельскохозяйственный агрегат буквально вгрызается в почву, оборачивает

и крошит пахотный слой на глубине до 20 см и более. Считается, что таким образом земля насыщается кислородом и становится пригодной для засева. На практике отвальная пропашка способствует развитию эрозионных процессов, накоплению талых вод [2 – 5].

Однако более щадящим вариантом обработки почв считается безотвальная вспашка, которая снижает риск эрозии и способствует повышению активности микроорганизмов. Но и она в полной мере не удовлетворяет принципам сберегающего земледелия [6, 7].

Сберегающее земледелие предполагает рационализацию севооборота, в который важно включать не только рентабельные культуры, но и повышающие плодородность, вдумчивый подход к выбору средств борьбы с болезнями растений, вредителями, применение комбинированных сельскохозяйственных агрегатов, обеспечивающих выполнение нескольких операций за один проход [8].

В связи с этим в работе рассмотрены вопросы разработки конструкции сеялки прямого посева зерновых культур, позволяющей при максимальном упрощении конструкции по сравнению с аналогами, снижении металлоемкости и повышении технологичности изделия, как в производстве, так и в эксплуатации, обеспечить наилучшие условия роста посевных культур и значительный рост урожайности [8]. На рисунке 1 приведена визуализация электронной модели сеялки.



**Рис. 1. Визуализация общего вида электронной модели сеялки**

На следующем этапе разработки сеялки на производственной площадке ПК «Еруслан» (Ростовская область, Шолоховский район) изготовлен физический прототип сеялки. На рисунке 2 приведено фото общего вида физического трехсекционного прототипа сеялки.



**Рис. 2. Фото общего вида физического трехсекционного прототипа сеялки**

Апробация физического прототипа сеялки выполнена на экспериментальных полях площадью 50 гектаров ПК «Еруслан» Шолоховского района Ростовской области при посеве озимой пшеницы. Средняя урожайность при использовании сеялки, разработанной авторами, составила более 68 центнеров с гектара, что на 28,5% больше, по сравнению с использованием традиционной технологии подготовки почвы и посева.

#### ***Список использованных источников***

1. Кузнецов, Ю. А. Развитие агропромышленного комплекса России и обеспечение продовольственной безопасности страны в условиях санкций / Ю. А. Кузнецов // Экономический анализ: теория и практика. – 2022. – Т. 21, № 8(527). – С. 1390 – 1419.

2. Пат. № 2574116 С2 Российская Федерация, МПК А01С 7/20, А01С 5/06. Сеялка-культиватор / Ерусланов А. К., Звездунов Д. А. – № 2004115131/12 ; заявл. 18.11.2011 ; опубл. 10.02.2016

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019613284 Российская Федерация. Поиск оптимальных конструктивных параметров ковшового элеватора комбинированного агрегата для подготовки почвы и посева зерновых культур / К. В. Немтинов, В. А. Немтинов. – № 2019612127 ; заявл. 04.03.2019 ; опубл. 13.03.2019 ; заявитель ФГБОУ ВО «ГГТУ».

4. 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(153). – С. 75 – 83.



5. Analysis of decision-making options in complex technical system design / V. Nemtinov, A. Zazulya, V. Kapustin, Yu. Nemtinova // Journal of Physics : Conference Series. – 2019. – No. 1278(1). – P. 012018.

6. Цифровое машиностроение / М. Н. Краснянский, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 266 с.

7. Nemtinov, V. Automation of the early stages of plating lines design / V. Nemtinov, N. Bolshakov, Yu. Nemtinova // MATEC Web of Conferences, Sevastopol, 11 – 15 сентября 2017 года. – Sevastopol : EDP Sciences, 2017. – V. 129. – P. 01012.

8. Пат. № 2812050 C1 Российская Федерация, МПК A01C 5/06. Сеялка / Ерусланова М. А., Ерусланов А. К., Черкашин И. Г. и др. – № 2022122128 ; заявл. 15.08.2022 ; опублик. 22.01.2024.

### **References**

1. Kuznetsov, Yu. A. Development of the agro-industrial complex of Russia and ensuring the country's food security under sanctions / Yu. A. Kuznetsov // Economic analysis: theory and practice. – 2022. – V. 21, No. 8(527). – P. 1390 – 1419.

2. Patent No. 2574116 C2 Russian Federation, IPC A01C 7/20, A01C 5/06. Seeder cultivator : No. 2004115131/12 : application. 11/18/2011 : publ. 02/10/2016 / A. K. Eruslanov, D. A. Zvezdunov.

3. Certificate of state registration of the computer program No. 2019613284 Russian Federation. Search for optimal design parameters of a bucket elevator of a combined unit for soil preparation and sowing of grain crops / Nemtinov K. V., Nemtinov V. A. – No. 2019612127 ; application 04.03.2019 ; publ. 13.03.2019 ; applicant Federal State budgetary educational institution of Higher Education “Tambov State Technical University”.

4. Nemtinov, K. V. Technology of automated synthesis of complex technological complexes / K. V. Nemtinov, A. K. Yererlanov, V. A. Nemtinov // Information technologies in design and production. – 2014. – No. 1(153). – P 75 – 83.

5. Analysis of decision-making options in complex technical system design / V. Nemtinov, A. Zazulya, V. Kapustin, Yu. Nemtinova // Journal of Physics : Conference Series. – 2019. – No. 1278(1). – P. 012018.

6. Digital mechanical engineering / М. Н. Краснянский, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, et al. – Тамбов : Publishing Center of the Tambov State Technical University, 2023. – 266 p.

7. Nemtinov, V. Automation of the early stages of plating lines design / V. Nemtinov, N. Bolshakov, Yu. Nemtinova // MATEC Web of Conferences, Sevastopol, 11 – 15 сентября 2017 года. – Sevastopol : EDP Sciences, 2017. – V. 129. – P. 01012.

8. Patent No. 2812050 C1 Russian Federation, IPC A01C 5/06. Seeder / М. А. Ерусланова, А. К. Ерусланов, И. Г. Черкашин, et al. – No. 2022122128 ; application 15.08.2022 ; publ. 22.01.2024.

**Г. М. Киясова**

(Кафедра транспорта и технологии,  
ЧВПОУ «Западно-Казахстанский инновационно-технологический  
университет», г. Уральск, Республика Казахстан,  
e-mail: gulz.kanat@mail.ru)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМЕМБРАНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ОЧИСТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОД, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ**

*Аннотация.* Представлен подход к разработке систем очистки технологических вод, содержащих тяжелые металлы, сброс которых негативно отражается на качестве продукции агропромышленных производств. Рассмотрена эффективность применения электромембранной технологии выделения тяжелых металлов из технологических вод.

*Ключевые слова:* технологические воды, тяжелые металлы, электромембранный аппарат, мембраны.

**G. M. Kiyasova**

(Department of Transport and Technology,  
ChVPOU “West Kazakhstan Innovation and Technology University”,  
Uralsk, Republic of Kazakhstan)

## **APPLICATION OF ELECTROMEMBRANE TECHNOLOGY IN PURIFICATION OF PROCESS WATERS USED IN AGRO-INDUSTRIAL PRODUCTION**

*Abstract.* An approach to the development of systems for cleaning industrial waters containing heavy metals, the discharge of which negatively affects the quality of products of agro-industrial production, is presented. The efficiency of using electromembrane technology for the extraction of heavy metals from industrial waters is considered.

*Keywords:* process waters, heavy metals, electromembrane apparatus, membranes.

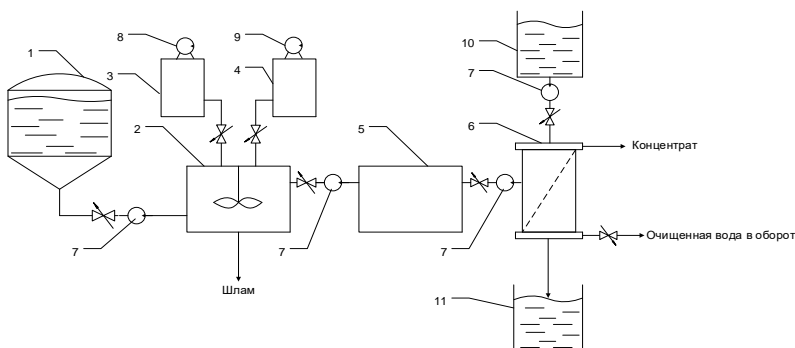
Загрязнение почв тяжелыми металлами в районах с развитой промышленностью является проблемой, затрагивающей многие регионы нашей страны. Накопление тяжелых металлов в плодородном слое почвы приводит не только к аккумуляции их в сельскохозяйственной продукции [1], но и к дальнейшему снижению плодородия почв. Особенно это актуально в тех регионах, где развитое сельское хозяйство находится в близком соседстве с масштабными промышленными зонами.

При использовании загрязненных водоемов в целях орошения тяжелые металлы концентрируются в верхнем, наиболее плодородном слое почвы, снижая азотфиксирующую способность почвы и урожайность аграрных культур, вызывают накопление металлов выше допустимых концентраций в кормах и других продуктах.

Следует сказать, что выбор оптимального метода очистки технологических вод – достаточно сложная задача, что обусловлено многообразием тяжелых металлов в воде. Применяемые методы очистки должны обеспечивать максимальную эффективность очистки, а также возможность использовать шлам, образующийся после очистки воды в различных областях.

Наибольший успех в отношении эффективности и технологичности выделения тяжелых металлов из водных растворов достигнут при использовании методов электромембранного разделения [2, 3]. Проведенные исследования по электромембранному выделению ионов железа, хрома и никеля из технологических вод с использованием нанофильтрационной мембраны ОПМН-К показали высокую эффективность и перспективность применения в существующих системах очистки.

В данной работе предлагается технологическая схема (рис. 1), позволяющая очищать технологические воды от тяжелых металлов с применением электромембранной установки.



**Рис. 1. Схема очистки технологических вод от тяжелых металлов**

Процесс очистки технологических вод от тяжелых металлов начинается с нейтрализации технологических вод. Для этого вода из накопительной емкости 1 подается насосом 7 в реактор 2. В реактор для нейтрализации добавляется реагент: кислота из емкости 3 насосом 8 или щелочь насосом 9 из емкости 4, в зависимости от pH технологи-

ческой воды. После реактора осветленная вода поступает на фильтр грубой очистки 5, затем насосом 7 под давлением 1...5 МПа подается в электромембранный аппарат 6, в котором происходит разделение раствора на очищенный (пермеат) и сконцентрированный (ретентант) за счет градиента давления и сил электрического поля. Очищенная вода возвращается в производственные циклы, а ретентат утилизируется. Емкость 10 с химическими реагентами предназначена для регенерации мембран электромембранного аппарата. Из нее насосом-дозатором 7 поступает жидкость для промывки аппарата. После промывки жидкость собирается в емкости 11.

*Работа выполнена под руководством научного руководителя д-ра техн. наук, доцента О. А. Абоносимова.*

#### **Список использованных источников**

1. Павлов, Д. В. Очистка сточных вод различных производств с применением наилучших доступных технологий / Д. В. Павлов, В. А. Колесников // Чистая вода: проблемы и решения. – 2010. – № 3. – С. 74 – 78.
2. Очистка промышленных вод гальванопроизводств мембранными методами / Д. О. Абоносимов, С. И. Лазарев, О. А. Абоносимов, А. М. Акулинчев // Известия Санкт-Петербургского технологического университета. – 2012. – № 17(43). – С. 94 – 96.
3. Свитцов, А. А. Введение в мембранную технологию / А. А. Свитцов – М. : ДеЛи принт, 2007. – 208 с.

#### **References**

1. Pavlov, D. V. Wastewater treatment from various industries using the best available technologies / D. V. Pavlov, V. A. Kolesnikov // Clean water: problems and solutions. – 2010. – No. 3. – P. 74 – 78.
2. Industrial water treatment from galvanic industries using membrane methods / D. O. Abonosimov, S. I. Lazarev, O. A. Abonosimov, A. M. Akulinchev // Bulletin of the St. Petersburg Technological University. – 2012. – No. 17(43). – P. 94 – 96.
3. Svitsov, A. A. Introduction to membrane technology / A. A. Svitsov – M. : DeLi print, 2007. – 208 p.

**А. Ю. Конев, А. Ю. Глазков, Н. В. Хольшев,  
С. М. Ведищев, А. В. Прохоров**  
(Кафедра «Агроинженерия», кафедра «Техника и технологии  
автомобильного транспорта»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: xhb@live.ru)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ROCKY DEM ДЛЯ РАСЧЕТА МОЩНОСТИ НА ПРОЦЕСС СМЕШИВАНИЯ**

*Аннотация.* Рассмотрена возможность применения программы ROCKY DEM для расчета теоретических значений мощности на процесс смешивания. Проведено сопоставление результатов моделирования и натурального эксперимента.

*Ключевые слова:* смешивание, ROCKY DEM, затраты мощности на смешивание.

**A. Yu. Konev, A. Yu. Glazkov, N. V. Kholshhev,  
S. M. Vedishev, A. V. Prokhorov**  
(Department of Agricultural Engineering, Department of Engineering  
and Technology of Automotive Transport,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **APPLICATION OF ROCKY DEM TO CALCULATE THE POWER FOR THE MIXING PROCESS**

*Abstract.* The possibility of using the ROCKY DEM program to calculate theoretical power values for the mixing process is considered. A comparison was made between the results of modeling and a full-scale experiment.

*Keywords:* mixing, ROCKY DEM, power consumption for mixing.

Перспективным направлением совершенствования конструкции смесителей кормов является применение смесителей с комбинированными рабочими органами. Но при разработке математических моделей смесителей с данными рабочими органами возникает ряд сложностей с определением выражений, описывающих затраты на процесс смешивания, что вызвано отсутствием полноценных методических рекомендаций по расчету оборудования с такими рабочими органами. Установить адекватность предлагаемых выражений возможно с применением натуральных испытаний, что является трудозатратным, а в начале компоновки оборудования – и невозможным. В данном случае возникает сложность в выполнении прочностных расчетов, подбора приводов.

Эффективным решением в данном случае может стать применение компьютерных приложений, имитирующих динамики сыпучих сред со сложной геометрией частиц, методом дискретных элементов [1]. Одной из таких программ является ROCKY DEM от компании ESSS. Данное программное обеспечение позволяет настраивать условия моделирования, форму, размеры и физико-механические свойства частиц, причем возможно использование частиц, произвольной формы, а также имеет возможность подгружать готовые модели оборудования из любых CAD [1]. Возможность применения данного программного продукта было решено проверить на модели ранее разработанного шнеколопастного смесителя с комбинированными рабочими органами [2].

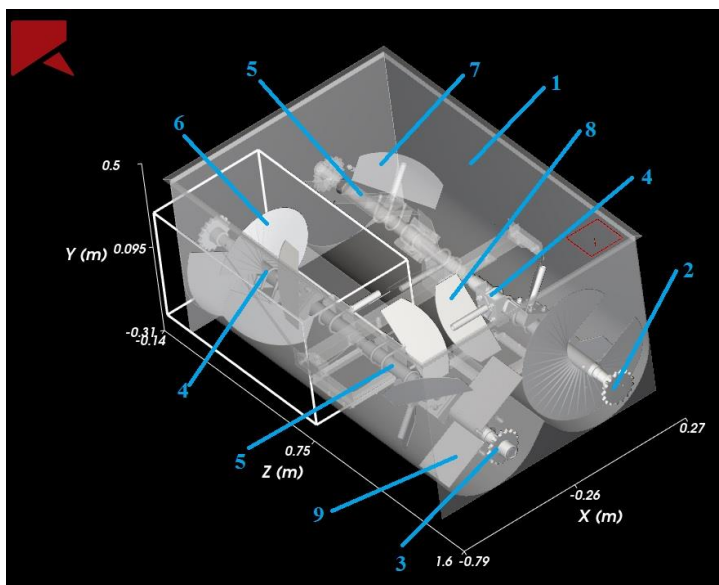


Рис. 1. Модель шнеколопастного смесителя

Общий вид смесителя после загрузки в ROCKY DEM приведен на рис. 1. Смеситель состоит из бункера 1, в котором расположены два составных рабочих органа 2 и 3. Каждый орган выполнен из двух частей 4 и 5. Левая часть первого рабочего органа идентична правой части второго рабочего органа, а правая часть первого рабочего органа – левой части второго рабочего органа. Каждый рабочий орган имеет участки шнековой навивки 6, по два участка перемешивающе-транспортирующих лопаток 7 и 8, участки перебрасывающих лопастей 9.

Левые и правые части рабочих органов вращаются в противоположные стороны.

Условиями эксперимента был предусмотрен ввод двух компонентов общей массой 140 кг. Эквивалентный диаметр частиц «синих» – 30 мм, «красных» – 10 мм. Оба компонента имеют частицы шарообразной формы с удельной массой 670 кг/м<sup>3</sup>. Угол установки лопаток – 45 градусов. Время моделирования – 10 с.

На рисунке 2 приведен временной график затрат мощности на процесс смешивания для двух частей первого рабочего органа. Из него видно, что потребляемая мощность имеет пульсирующий характер с амплитудой около 400 Вт. Через 4 с после начала моделирования характер ломаной стабилизировался, что связано с равномерным распределением компонентов по объему смесителя. Максимальные значения значения мощности соответствуют моментам погружения наибольшего числа лопаток и лопасти в смесь, что подтверждается визуальным сопоставлением анимации процесса смешивания с графиком мощности. По результатам натурных испытаний для заданных режимно-технологических параметров для наполнителя в виде пшенично-ячменной дерти с аналогичной плотностью составило – около 1100 Вт [2]. Существенность отличия значений мощности объясняется более чем 20 кратной разностью в гранулометрическом составе между реальным наполнителем и его моделью, а также формой частиц.

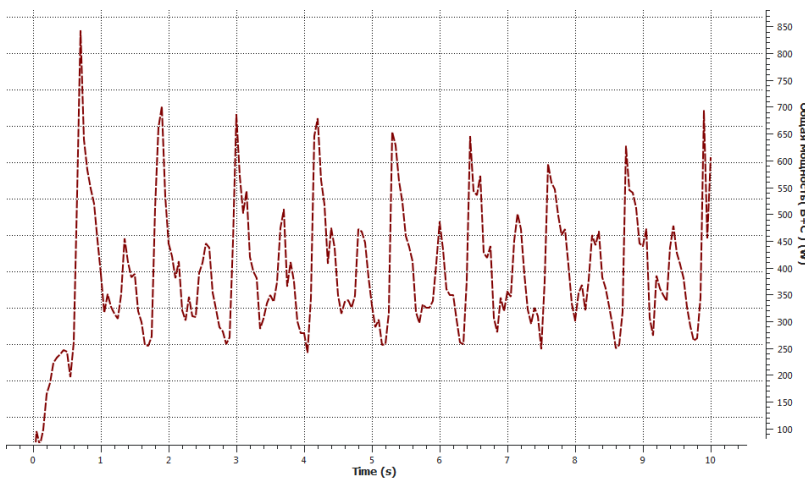


Рис. 2. График мощности на процесс смешивания на первом рабочем органе

Результаты моделирования показали сопоставимость характера изменения мощности, но имеют существенное отличие значений от результатов натурного эксперимента, что говорит о необходимости большего приближения характеристик частиц модели к реальным, но это ведет к существенному увеличению времени расчета при ограниченной производительности компьютера. Для первоначальной оптимизации параметров работы смесителя можно использовать приближенные параметры частиц. Результаты любого имитационного исследования требуют экспериментального подтверждения.

#### ***Список использованных источников***

1. Применение ROCKY DEM для моделирования процесса смешивания / А. Ю. Конев, А. Ю. Глазков, Н. В. Хольшев и др. // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – Т. 3. – С. 153 – 157.
2. Хольшев, Н. В. Влияние конструктивно-режимных и технологических параметров шнеколопастного смесителя на потребляемую им мощность / Н. В. Хольшев, В. А. Мухин, С. С. Петрова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 38 – 47.

#### ***References***

1. Application of ROCKY DEM for modeling the variation process / A. Yu. Konev, A. Yu. Glazkov, N. V. Kholshchev et al. // Long-term development of the region: architecture, construction, transport: materials of the X-th International Scientific and Practical conferences. – Tambov : TSTU, 2024. – V. 3. – P. 153 – 157.
2. Kholshchev, N. V. Influence of design-mode and technological parameters of an auger-blade mixer on the power it consumes / N. V. Kholshchev, V. A. Mukhin, S. S. Petrova // News of the Samara State Agricultural Academy. – 2019. – No. 1. – P. 38 – 47.



**М. М. Раззак, В. Ю. Глазков, М. А. Букина**  
(Кафедра «Агроинженерия»,  
Кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
Кафедра «Технологии и оборудование пищевых  
и химических производств»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: glazkov\_yural@mail.ru)

### **АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОБАВОК ВОДОРОДА И ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В ДВС**

*Аннотация.* Проведен анализ исследований применения водородосодержащих соединений в ДВС.

*Ключевые слова:* топливо, смесь, двигатель, КПД, мощность.

**M. M. Razzaq, V. Yu. Glazkov, M. A. Bukina**  
(Department of “Agroengineering”,  
TSTU, Tambov, Russia)

### **ANALYSIS OF STUDIES ON THE USE OF HYDROGEN ADDITIVES AND HYDROGEN-CONTAINING COMPOUNDS IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

*Abstract.* The analysis of studies on the use of hydrogen-containing compounds in internal combustion engines has been carried out.

*Keywords:* fuel, mixture, engine, efficiency, power.

Широкое распространение в агропромышленном комплексе как источник энергии получили ДВС. При работе на холостом ходе и в режимах малых нагрузок они характеризуются нестабильностью процесса сгорания, что приводит к повышению содержания остаточных газов и ухудшает процесс смесеобразования, что приводит к повышению расхода топлива [1].

Одним из перспективных видов добавок, активизирующих процесс сгорания топлива, можно назвать водород, скорость сгорания которого превышает скорость сгорания топлива в 9 раз.

Использование водорода, полученного электролизом воды на борту автомобиля, показало, что добавка приводит к незначительному улучшению показателей работы двигателя, и мощность, затраченная на производство водорода, превышает величину, на которую возросла мощность двигателя [2].

Одним из перспективных способов получения водородосодержащего газа на борту автомобиля является термokatалитическое преобразование метанола в качестве добавки к воздушному заряду. Полученные результаты свидетельствуют, что добавка данного газа положительно влияет на топливную экономичность и экологические показатели дизеля, в частности, снижается дымность на 45%, уменьшаются выбросы оксидов азота на 16%, расход топлива снижается в среднем на 8,5% [3].

Добавка газа  $H_2/O_2$  приводит к увеличению термического КПД. При введении 6,1% полного дизельного эквивалента водородосодержащего газа в дизель термический КПД увеличился на 2,6% при 19 кВт, на 2,9% при 22 кВт и на 1,6% при 28 кВт. Увеличение термического КПД подобно увеличению КПД в результате добавления чистого водорода. Снижается общая величина расхода топлива двигателя при всех использованных режимах нагрузки. Снижение общего расхода топлива объясняется за счет лучшего сгорания полученной смеси вследствие высшей скорости пламени водорода. Удельный расход топлива сокращается на 7,3, 8,1 и 4,8% при 19 кВт, 22 кВт и 28 кВт соответственно.

Темп роста экономии топлива начинает падать с добавлением более 4% смеси  $H_2/O_2$ , и несущественный выигрыш в экономии топлива наблюдается с добавкой смеси  $H_2/O_2$  более 5% [4].

Исследование влияния добавки водорода и кислорода ( $H_2/O_2$ ), а также водорода и кислорода и дополнительного воздуха на показатели бензинового двигателя с карбюраторной системой питания показали, что происходит снижение расхода бензина и уменьшение концентраций несгоревших углеводородов. Концентрации CO при добавке лишь водорода и кислорода возрастают, а при добавке дополнительного воздуха концентрации CO снижаются за счет обеднения смеси. В результате установлено, что при добавке  $H_2/O_2$  повышается максимальное давление и температура цикла, сокращается продолжительность процесса сгорания [5].

В процессе эксплуатации автомобильных двигателей метод использования активирующих добавок, скорость сгорания которых выше скорости сгорания основного топлива, является перспективным. Особого внимания заслуживает использование в качестве добавки водорода, поскольку он имеет высокую скорость сгорания, и при его сгорании вредные вещества образуются лишь в малом количестве. Но так как его получение в достаточном количестве и его хранение на борту автомобиля являются достаточно сложными и затратными, широкое применение получили смеси, содержащие водород в своем составе. К ним относятся водородосодержащий газ  $H_2/O_2$ , который получают в результате электролиза воды, положительно влияющего на показатели двигателей различных типов.

Выявлено, что при работе бензиновых двигателей и дизелей с добавкой водородосодержащего газа снижается расход топлива и уменьшаются выбросы продуктов неполного сгорания.

Перспективным направлением исследований является установление оптимальной добавки водородосодержащего газа при работе двигателей в разных режимах и оценка эффективности добавки на показатели топливной экономичности с учетом затрат энергии в целях получения водородосодержащего газа.

#### ***Список использованных источников***

1. Влияние добавки водородосодержащего газа к топливовоздушной смеси на работу бензинового двигателя / Д. В. Доровских, Ю. Е. Глазков, И. Ю. Доровских, М. М. Глазкова // Наука в центральной России. – 2019. – № 4(40). – С. 68 – 78.
2. Гибадуллин, В. З. Влияние локальных микродобавок водорода на процесс воспламенения в двс с искровым зажиганием / В. З. Гибадуллин // Известия ВолгГТУ. – 2011 – № 8(81). – С. 64 – 66.
3. Абрамчук, Ф. И. Влияние добавки водорода к природному газу на свойства смесового топлива / Ф. И. Абрамчук, А. Н. Кабанов, Г. В. Майстренко // Автомоб. трансп. : сб. науч. тр. – 2009. – Вып. 24. – С. 45 – 49.
4. Новоселов, С. В. Особенности рабочего процесса дизеля, работающего с частичным замещением дизельного топлива водородом / С. В. Новоселов, В. А. Синицын // Ползуновский вестник – 2004. – № 1. – С. 192 – 196.
5. Перспективы использования газобаллонных автомобилей с бортовым генератором синтез-газа / Н. Г. Певнев, В. А. Кириллов, О. Ф. Бризицкий, В. А. Бурцев // Транспорт на альтернативном топливе. – 2010. – № 3(15). – С. 40 – 45.

#### ***References***

1. The effect of the addition of hydrogen-containing gas to the fuel-air mixture on the operation of a gasoline engine / D. V. Dorovskikh, Yu. E. Glazkov, I. Yu. Dorovskikh, M. M. Glazkova // Science in Central Russia. – 2019. – № 4(40). – P. 68 – 78.
2. Gibadullin, V. Z. The effect of local hydrogen microadditives on the ignition process in an internal combustion engine with spark ignition / V. Z. Gibadullin // Izvestiya VolgSTU. – 2011. – No. 8(81). – P. 64 – 66.
3. Abramchuk, F. I. The effect of hydrogen additives to natural gas on the properties of mixed fuels / F. I. Abramchuk, A. N. Kabanov, G. V. Maistrenko // The car. transp. : sat. scientific tr. – 2009. – Is. 24. – P. 45 – 49.
4. Novoselov, S. V. Features of the working process of a diesel engine operating with partial substitution of diesel fuel with hydrogen / S. V. Novoselov, V. A. Sinitsyn // Polzunovsky bulletin – 2004. – No. 1. – P. 192 – 196.
5. Prospects for the use of gas-cylinder cars with an on-board synthesis gas generator / N. G. Pevnev, V. A. Kirillov, O. F. Brizitsky, V. A. Burtsev // Transport on alternative fuels. – 2010. – No. 3(15). – P. 40 – 45.

**Д. С. Баршутина, Н. О. Сорока, С. Н. Баршутин**  
(Кафедра «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: dafge5@yandex.ru)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПОГЛОЩЕНИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ САХАРА**

*Аннотация.* Рассмотрены спектры поглощения сахара в водных растворах и определен диапазон, который возможно использовать для контроля содержания сахара в исходном сырье сахарных заводов.

*Ключевые слова:* сахар, раствор, инфракрасное электромагнитное излучение.

**D. S. Barshutina, N. O. Soroka, S. N. Barshutin**  
(Department of Energy supply of Enterprises and Heat Engineering,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE WAVELENGTH OF INFRARED RADIATION ON THE ABSORPTION INTENSITY IN AQUEOUS SUGAR SOLUTIONS**

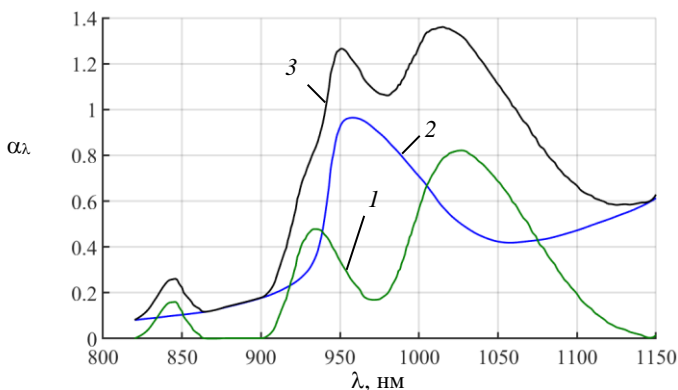
*Abstract.* The absorption spectra of sugar in aqueous solutions are considered and the range that can be used to control the sugar content in the raw materials of sugar factories is determined.

*Keywords:* sugar, solution, infrared electromagnetic radiation.

Интенсивное развитие сельского хозяйства в России, а в частности производства сахара, ставит перед исследователями круг задач, связанных с технологическим процессом производства. Одним из этапов производства является контроль содержания сахара в исходном сырье. В большинстве сахарных заводов России этот контроль осуществляется методами химического анализа, который требует достаточно высокой трудоемкости. Известны методы, которые основываются на способности сахара поглощать и испускать инфракрасное излучение в диапазоне 820...1150 нм (рис. 1).

Однако в этом диапазоне присутствует полоса поглощения воды, максимум которой находится в диапазоне 940...960 нм, которая вносит свой вклад в поглощение инфракрасного излучения.

Проведем анализ спектров поглощения. Первый диапазон с максимумом 845 нм позволяет незначительно поглотить излучение. При этом часть энергии излучения рассматриваемого диапазона может быть поглощена энергетическими переходами с меньшей энергией.



**Рис. 1. Спектры поглощения глюкозы и воды:**  
 1 – спектр поглощения сахара; 2 – спектр поглощения воды;  
 3 – суммарный спектр поглощения раствора

Диапазон поглощения излучения сахара с максимумом 930 нм имеет более высокий индекс поглощения, но в этом диапазоне находится диапазон поглощения воды, поэтому будет сложно отделить степень поглощения сахара и воды.

По всей видимости, наиболее информативным будет диапазон с максимумом 1030 нм. Излучение с такой длиной волны не будет интенсивно поглощаться водой, а соответственно, и влияние на результаты измерения поглощенного излучения будет оказывать в меньшей степени.

Наилучшим источником излучения с минимальным разбросом по длине волны является лазерное излучение. Анализ аппаратного обеспечения показал наличие в продаже лазеров с длиной волны 1030 нм, а также перестраиваемые лазеры в диапазоне 370...1612 нм. На данный момент стоимость таких систем начинается от 300 000 рублей и выше, что для сахарных заводов не является недостатком, и эта стоимость окупается через 1 месяц работы автоматизированной линии контроля содержания сахара в исходном сырье.

#### **Список использованных источников**

1. Пат. № 2574571 С1 Российская Федерация, МПК А61В 5/145, А61В 5/00. Способ неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови / Крыжановский Э. В., Аджемов А. С., Григорян А. Г. – № 2014152166/14 ; заявл. 22.12.2014 ; опубл. 10.02.2016.

#### **References**

1. Pat. No. 2574571 C1 Russian Federation, IPC A61B 5/145, A61B 5/00. Method of noninvasive determination of blood glucose concentration / Kryzhanovsky E. V., Ajemov A. S., Grigoryan A. G. – No. 2014152166/14 ; application 22.12.2014 ; publ. 10.02.2016.

УДК 66.081.3

**А. Н. Тимиргалиев, И. В. Буракова, С. О. Рыбакова,  
О. А. Ананьева, Д. А. Бадин, В. О. Яркин,  
Т. С. Кузнецова, А. Е. Бураков**

(Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: timirgalievas31@mail.ru)

**ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ СОРБЕНТОВ  
ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ КАРБОНИЗАЦИЕЙ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ  
ПЕРЕРАБОТКИ РАПСА, МОДИФИЦИРОВАННЫХ  
УГЛЕРОДНЫМИ НАНОМАТЕРИАЛАМИ**

*Аннотация.* Рапс – сельскохозяйственная культура растительного происхождения, представляющая собой возобновляемый биоресурс. Особенность растительной биомассы – экологическая чистота и высокое содержание углерода, делает ее крайне привлекательной для получения биоуглей. Разработан новый высокоэффективный биоуголь, модифицированный оксидом графена, для очистки водных сред от токсичных загрязнителей.

*Ключевые слова:* биоуголь, рапс, оксид графена, адсорбция, органические красители.

**A. N. Timirgaliev, I. V. Burakova, S. O. Rybakova,  
O. A. Ananyeva, D. A. Badin, V. O. Yarkin,  
T. S. Kuznetsova, A. E. Burakov**

(Department “Equipment and Technologies  
for the nanoproducts production”, TSTU, Tambov, Russia)

**PRODUCTION OF NANOCOMPOSITE SORBENTS  
BY HYDROTHERMAL CARBONIZATION OF AGRICULTURAL  
WASTE FROM RAPESEED PROCESSING MODIFIED  
WITH CARBON NANOMATERIALS**

*Abstract.* Rapeseed is an agricultural crop of plant origin, which is a renewable bioresource. The peculiarity of plant biomass is its ecological purity and high carbon content, which makes it extremely attractive for obtaining biochars. The article develops a new highly effective biochar modified with graphene oxide for cleaning aquatic environments from toxic pollutants.

*Keywords:* biochar, rapeseed, graphene oxide, adsorption, organic dyes.

Согласно последнему докладу Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), почти 844 миллиона человек во всем мире не имеют доступа к безопасной питьевой воде [1]. Сбрасываемые сточные воды

текстильной промышленности, содержащие красители, в различные водоемы представляют все больший риск для жизни людей и водных организмов, поскольку большинство разновидностей красителей, обнаруживаемых в красящих сточных водах, токсичны и канцерогенны [2]. Более того, эти красители препятствуют проникновению света и переносу кислорода в водоемы [3].

Среди доступного ассортимента адсорбентов активированный уголь, несомненно, считается универсальным для исследований по удалению красителей благодаря его низкой стоимости, превосходной адсорбционной способности, экологичности и хорошим характеристикам поверхности. Биоуголь – это биоорганическая биомасса, получаемая путем карбонизации материалов, богатых углеродом. Современным низкотемпературным способом переработки биомассы является гидротермальная карбонизация (ГТК), которая относится к «зеленым» технологиям за счет отсутствия выбросов вредных газов. Особенностью этого процесса является мягкие условия его осуществления в сравнении с хорошо изученным пиролизом [4, 5].

Целью работы является получение, оценка физико-химических свойств графенсодержащего активированного биоугля на основе отходов переработки рапса и определение сорбционной способности материала при удалении органических загрязнений, на примере синтетических красителей конго красного (КК) и малахитового зеленого (МЗ).

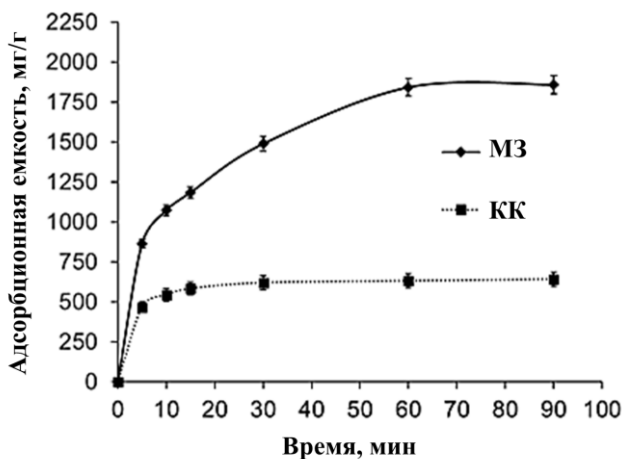
В качестве источника углерода в работе использовали шрот рапса (Тамбовская обл.). Модификатором выступал оксид графена (ОГ) в виде водной 1 мас. % суспензии (ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов). Биоуголь получали методом гидротермальной карбонизации в автоклавах из нержавеющей стали в течение 12 часов при 180 °С. Полученный гидроуголь отделяли от жидкости путем фильтрования. Далее проводилась ступенчатая карбонизация отфильтрованного материала при 150, 500 и 750 °С в течение часа при каждой температуре в среде аргона. Карбонизованный материал подвергали щелочной активации, для этого его смешивали с гидроксидом калия (KOH) в массовом соотношении 1:6. Процесс осуществляли в инертной среде при 400 и 750 °С в течение часа при каждой температуре. Полученный материал промывали дистиллированной водой на фильтре до нейтрального pH, после чего выдерживали 24 часа в концентрированной соляной кислоте (ГОСТ 3118–77). Далее биоуголь повторно промывали до нейтрального pH и сушили при 110 °С до постоянной массы.

Для получения нанокomпозиционного сорбента, активированный биоуголь смешивали с суспензией ОГ до однородного состояния (соотношение 1,5:1), после чего подвергали ультразвуковой обработке.

Материал загружали в автоклавы и выдерживали при 180 °С в течение 20 ч. На следующей стадии композит обрабатывали в лиофильной сушилке (Scientz-10n, China) замораживанием до –30 °С и последующей лиофилизацией в течение 48 ч, в ходе которой происходило сублимационное удаление растворителя.

По результатам оценки свойств нанокompозита было установлено, что материал имеет пористый углеродный каркас, поверхность которого покрыта листами графена. Рентгенофазовый анализ подтвердил формирование графеноподобной углеродной структуры сорбента: размытые пики при 26° и 47°, что указывает на наличие плоскостей 002 и 100 графеновых материалов. Отсутствие острых пиков в спектрах позволяет предполагать, что нанокompозит имеет аморфные характеристики с графеноподобной структурой.

Авторами была изучена адсорбция синтетических органических красителей из водных растворов на разработанном материале. В статическом режиме проведены кинетические исследования поглощения молекул красителей КК и МЗ, результаты которых приведены на рис. 1.



**Рис. 1.** Кинетика адсорбции молекул КК и МЗ на нанокompозиционном материале

Экспериментальные значения адсорбционной емкости материала по отношению к МЗ составили 1860 мг/г и 642 мг/г по КК. При этом следует отметить, что равновесие процесса поглощения при адсорбции КК достигается за 15 мин. Извлечение МЗ носит более медленный характер – насыщение сорбента достигается к 60 мин.



*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-13-20074, <https://rscf.ru/project/22-13-20074>.*

***Список использованных источников***

1. Measuring human water needs / A. Wutich, A. Y. Rosinger, J. Stoler, et al. // *American Journal of Human Biology*. – 2020. – V. 32(1). – P. e23350.
2. Textile finishing dyes and their impact on aquatic environs / M. Berradi, R. Hsissou, M. Khudhair, et al. // *Heliyon*. – 2019. – V. 5(11). – P. e02711.
3. Adsorption of anionic and cationic dyes on ferromagnetic ordered mesoporous carbon from aqueous solution: equilibrium, thermodynamic and kinetics / X. Peng, D. Huang, T. Odoom-Wubah, et al. // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2014. – V. 430. – P. 272 – 282.
4. Carbon based materials: a review of adsorbents for inorganic and organic compounds / M. M. Sabzehmeidani, S. Mahnaee, M. Ghaedi, et al. // *Materials Advances*. – 2021. – V. 2(2). – P. 598 – 627.
5. Hydrothermal carbonization of lignocellulosic biomass for carbon rich material preparation : a review / T. A. Khan, A. S. Saud, S. S. Jamari, et al. // *Biomass and Bioenergy*. – 2019. – V. 130. – P. 105384.

**В. Е. Чуйков**  
(ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, г. Пенза, Россия,  
e-mail: epnz@yandex.ru)

## **К ОБОСНОВАНИЮ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ЗЕРНА**

*Аннотация.* Показана актуальность измельчения фуражного зерна, представлены основные направления развития измельчителей зерна. Проанализированы их достоинства и недостатки. По результатам проведенных исследований определено перспективное направление совершенствования измельчителей зерна.

*Ключевые слова:* измельчение, дробилка, конический измельчитель, зерновая дерть.

**V. E. Chuikov**  
(Penza State Technological University, Penza, Russia)

## **TO SUBSTANTIATE THE DIRECTION OF IMPROVING THE DESIGN OF THE GRAIN SHREDDER**

*Abstract.* The relevance of milling feed grain is shown, the main directions of development of grain grinders are presented. Their advantages and disadvantages are analyzed. Based on the results of the conducted research, a promising direction for improving grain grinders has been identified.

*Keywords:* crushing, crusher, conical shredder, grain dust.

Измельчение фуражного зерна является обязательной операцией при содержании сельскохозяйственных животных и птицы, так как это способствует увеличению площади контакта желудочного сока с поверхностью кормового материала, что улучшает переваримость и усвояемость корма. В настоящее время используются дробилки зерна различного типа и конструкций. Наиболее распространены дробилки, осуществляющие измельчение зерновок за счет удара влет. Молотки или деки ударяют по зерновкам, а система аспирации (решетчатая или безрешетчатая) отводят измельченную фракцию. Подобная конструкция обладает высокой надежностью, производительностью, однако высоки энергозатраты. Доля пылевидной фракции превышает нормы.

Измельчающие устройства на основе скалывания частиц показали меньшие энергозатраты. Известны три направления подобных конструкций: центробежнороторные дробилки с пальцевыми (штифтовыми) рабочими органами; вальцовый постав с рифлями; конусные инер-

ционные дробилки с зубчатыми конусами по типу вальцового постава с внутренним контактом зубчато-рифленых вальцов.

При использовании измельчительного аппарата с вращающимися навстречу друг другу штифтами или пальцами, в зависимости от их скорости, возможна регулировка помола, однако при малых скоростях возможен пролет целых зерновок, а с ростом скоростей – увеличение доли пылевидной фракции. Отсутствует засаливание пространства дертью, однако высока сложность изготовления рабочих органов.

При производстве мучных изделий широко применяют рифленые валки, где рифлями и их взаимным расположением и направленностью обеспечивается скол частиц с поверхности зерновки с определенной крутизной. При этом образуются пылевидные частицы.

Известны варианты подобных измельчителей, когда используется вариант: один валец с традиционными наружными рифлями, а второй – охватывающий – с внутренними рифлями. При этом вальцы могут быть по форме как цилиндрическими, так и коническими.

Конические рабочие органы более перспективны, так как позволяют обеспечивать конусное изменение зазора между вальцами для постепенного скалывания частиц. Для предотвращения засаливания внутреннего пространства между вальцами требуется обеспечение наличия защемления зерновок с обязательным боковым скольжением в сторону выхода из камеры измельчения. Это обеспечивается шагом навивки рифрей на конической поверхности вальцов.

Для проведения экспериментальных исследований изготовлен лабораторный вариант подобного измельчителя. Планируется изменение частоты вращения вертикального конического вальца частотным преобразователем, угла защемления зерновок и высоты рифлей за счет сменных активных конических вальцов. Исследоваться будут зерновки различной влажности разных кормовых сельскохозяйственных культур.

По результатам лабораторных интерполяционных исследований планируется выявить влияние указанных факторов на модуль помола, производительность и энергозатраты измельчения.

УДК 631.363.

**М. Н. Шутов, В. П. Терюшков**  
(ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, г. Пенза, Россия  
e-mail: teryushkov.v.p@pgau.ru)

## **АКТУАЛЬНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ШНЕКОВЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ**

*Аннотация.* Рассмотрен вопрос актуальности совершенствования конструкций шнековых смесителей.

*Ключевые слова:* корм, кормовая смесь, компонент, смеситель.

**M. N. Shutov, V. P. Teryushkov**  
(Penza State Agrarian University, Penza, Russia)

## **THE RELEVANCE OF IMPROVING THE DESIGNS OF SCREW MIXERS**

*Abstract.* The article discusses the relevance of improving the designs of screw mixers.

*Keywords:* feed, feed mixture, component, mixer.

Одним из наиболее актуальных вопросов, стоящих перед современными сельхозпроизводителями, является повышение продуктивности сельскохозяйственных животных. Данное повышение зависит от разработки и внедрения современных технологий кормления с грамотно подобранными кормами. Исходя из того, что требуемый сельскохозяйственным животным набор питательных веществ не содержит ни один из видов кормов, самым продуктивным средством кормления следует считать кормовые смеси [1, 2].

В процессе смешивания компонентов кормовой смеси основным критерием является однородность получаемого продукта, при этом смесительное оборудование, применяемое для приготовления кормовых смесей, как правило, не в полной мере обеспечивает требуемое качество смеси. Так же, в зависимости от конструкций применяемых смесительных устройств, сельхозпроизводители сталкиваются со сложностью в снижении энергопотребления, разрушением формы перемешиваемых компонентов, увеличением времени смешивания и т.д.

В результате возникает потребность в разработке более эффективных и совершенных смесительных устройств, обеспечивающих простоту конструкции, высокую однородность получаемого продукта, минимизирование мертвых зон, снижение разрушения формы смеши-

ваемых компонентов, снижение энергозатрат, упрощение процесса загрузки смешиваемых компонентов и выгрузки готового сырья. В связи с этим необходимы принципиально новые высокоэффективные смесительные машины, способные обеспечивать требуемое однородное смешивание с меньшими затратами энергии.

Одними из наиболее часто применяемых конструкций смесителей являются агрегаты со шнековым перемешивающим устройством. Небольшой диаметр рабочего органа (шнека) способствует снижению энергозатрат. Наличие макроциркуляции материала и микросмешивания, при движении в шнеке, способствует равномерному распределению смешиваемых компонентов во всем объеме кормовой смеси [3]. Шнековые смесители обладают простотой конструкции, что ведет к надежности в эксплуатации, удобству в проведении обслуживания и доступности к узлам при ремонте. В зависимости от расположения рабочих органов, шнековые смесители имеют возможность работы с жидкими, сыпучими, вязкими компонентами смеси. Шнековые смесители с вертикальным расположением рабочего органа занимают небольшую площадь, что позволяет расположить большее количество оборудования в производственном помещении.

При этом стоит отметить, что, несмотря на перспективность применения смесителей со шнековым рабочим органом, данные устройства имеют ряд недостатков. В числе конструкционных недостатков шнековых смесительных устройств периодического действия можно отметить повышенное время смешивания и время выгрузки, трудности в достижении полного извлечения готового продукта из бункера. Учитывая плюсы и распространенность шнековых смесительных устройств в цехах по производству комбикормов, выработка решений по устранению данных недостатков является актуальным вопросом.

Одним из решений данного вопроса является разработка новой конструкции шнекового смесителя, повышающей однородность получаемого продукта, снижающей время смешивания, упрощающей процесс выгрузки и устраняющей проблему полного извлечения готовой смеси из бункера шнекового смесительного устройства.

Например, при наклонном расположении цилиндрического корпуса смесителя, и непосредственно самого шнекового рабочего органа, предлагается рассмотреть возможность провести процесс смешивания компонентов совместно с процессом транспортировки и последующей выгрузки готовой смеси. Получив расчетным путем требуемые геометрические параметры наклонного цилиндрического корпуса смесителя, геометрические параметры шнека (установленного на одной оси с корпусом) и скорость его вращения, есть вероятность получения

качественной смеси со значительной экономией времени смешивания и выгрузки готовой продукции. При этом, учитывая наклонное расположение корпуса смесителя, появляется возможность осуществления процесса выгрузки готовой смеси непосредственно в тару или в кузов транспортного средства.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о необходимости и целесообразности проведения анализа шнековых смесительных устройств с последующим решением вопроса по внесению конструктивных изменений в данное оборудование.

#### *Список использованных источников*

1. Оптимизация технологических параметров смесителя с комбинированным рабочим органом / В. В. Коновалов, В. П. Терюшков, А. В. Чупшев, В. В. Коновалов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 83 – 87.

2. Спирально-винтовой смеситель-конвейер / В. В. Коновалов, А. С. Фомин, А. В. Чупшев, В. П. Терюшков // Сельский механизатор. – 2012. – № 7. – С. 7.

3. Боровиков, И. А. Снижение энергоемкости приготовления комбикормов с обоснованием конструктивно- технологических параметров смесителя : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / И. А. Боровиков ; ФГОУ ВПО ПГСХА. – Пенза, 2006. – 160 с.

#### *References*

1. Optimization of technological parameters of a mixer with a combined working body / V. V. Konovalov, V. P. Teryushkov, A. V. Chupshev, V. V. Konovalov // Izvestiya Samara State Agricultural Academy. – 2014. – No. 3. – P. 83 – 87.

2. Spiral-screw mixer conveyor / V. V. Konovalov, A. S. Fomin, A. V. Chupshev, V. P. Teryushkov // Rural mechanizer. – 2012. – No. 7. – P. 7.

3. Borovikov, I. A. Reduction of the energy consumption of compound feed preparation with justification of the design and technological parameters of the mixer : dis. ... Candidate of Technical Sciences : 05.20.01 / I. A. Borovikov ; FGOU VPO PGSHA. – Penza, 2006. – 160 p.

**А. И. Завражнов, А. А. Завражнов, А. А. Земляной,  
В. Ю. Ланцев, Б. С. Мишин, О. А. Полякова**  
(Инжиниринговый центр «ИнТех» ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ,  
г. Мичуринск, Россия,  
e-mail: info@mgau.ru;  
Инженерный центр ФГБНУ ФНЦ им И. В. Мичурина,  
г. Мичуринск, Россия,  
e-mail: info@fnc-mich.ru)

### **КОНЦЕПТ БАРАБАННОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА С ТОРЦЕВЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ПРИСАСЫВАЮЩИХ НИППЕЛЕЙ**

*Аннотация.* Представлены промежуточные результаты работы коллектива авторов по разработке высевающего аппарата барабанного типа с торцевым расположением присасывающих ниппелей для высева пропашных культур.

*Ключевые слова:* сеялка точного высева, пневматический барабанный высевающий аппарат, ниппель, электропривод, система контроля и управления.

**A. I. Zavrazhnov, A. A. Zavrazhnov, A. A. Zemlyanoi,  
V. Yu. Lantsev, B. S. Mishin, O. A. Polyakova**  
(Engineering Center “Intech” Michurinsky State University,  
Michurinsk, Russia;  
(Engineering Center of the I. V. Michurin Federal State Budgetary  
Scientific Research Center, Michurinsk, Russia)

### **THE CONCEPT OF A DRUM SEEDING MACHINE WITH AN END ARRANGEMENT OF SUCTION NIPPLES**

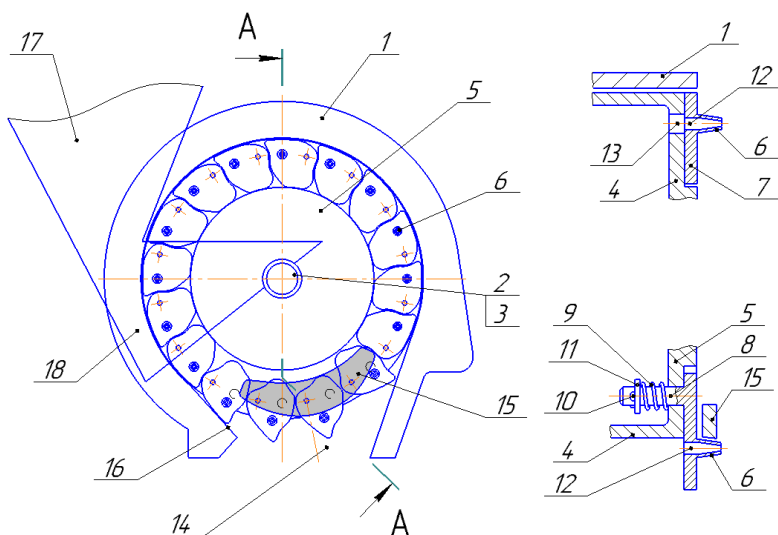
*Abstract.* This article presents the interim results of the work of a team of authors on the development of a drum-type seeding device with an end arrangement of suction nipples for sowing row crops.

*Keywords:* precision seeding drill, pneumatic drum seeding machine, nipple, electric drive, control and management system.

Наиболее значимым параметром, влияющим на изменение крутящего момента на валу высевающего диска, является величина разрежения в вакуумной камере высевающего аппарата. Крутящий момент возрастает в 3,5 раза при увеличении разрежения с 0 до 9 кПа [1 – 4].

Еще одним недостатком дисковых высевальных аппаратов можно считать ограничение скорости движения сеялки. [1]. В то же время сошниковые группы современных пропашных сеялок способны обеспечивать качественную подготовку борозды при скорости существенно выше 10...15 км/ч в зависимости от типа почв и их подготовки [2 – 4].

Авторами предложена принципиально новая конструкция высевального аппарата барабанного типа [5, 7], лишенная множества недостатков, присущих дисковым высевальным аппаратам, показанная на рис. 1.



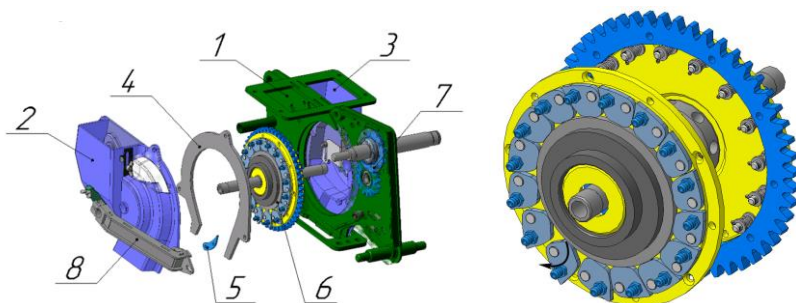
**Рис. 1. Схематичное изображение барабанного высевального аппарата (Патент № 214579)**

На рисунке 2 представлена концептуальная конструкция двустороннего высевального аппарата барабанного типа с торцевым расположением высевальных ниппелей. Одной из конструктивных особенностей разработанного высевального аппарата является расположение присасывающих ниппелей на торцевой поверхности с двух сторон. Присасывающие ниппели, расположенные на торцевой поверхности вакуумного барабана, смещены относительно друг друга с каждой из сторон на полшага, что позволяет обеспечить точность высева на повышенных скоростях, тем самым мы получаем возможность увеличить скорость движения посевной техники при сохранении стабиль-



ного процесса высева. Установленные маячки, снабженные высевающими ниппелями, имеют возможность смещения, что позволяет обеспечить полноценное отсечение вакуума от вакуумного барабана, и тем самым без усилий и внешнего воздействия обеспечить сброс семени в заданный момент времени [7].

Наличие двусторонней подачи семенного материала позволяет значительно снизить скорость вращения вакуумного барабана, тем самым обеспечить стабильность высева при увеличении скорости движения посевного агрегата [6].



**Рис. 2. Высевающий аппарат барабанного типа с двухсторонним торцевым расположением присасывающих отверстий:**

- 1 – корпус; 2 – левая крышка; 3 – правая крышка;
- 4 – обратный кулачок; 5 – выгалькиватель маячка;
- 6 – двусторонний высевающий барабанный аппарат с торцевым расположением ниппеля; 7 – компоновка привода;
- 8 – кронштейн

По предварительным расчетам, если сравнивать дисковый и барабанный высевающий аппарат, при одинаковой норме высева на скорости 9 км/ч дисковый высевающий аппарат будет иметь идентичную скорость вращения, что и барабанный высевающий аппарат при скорости 15 км/ч. Предложенное техническое решение разработанной конструкции позволяет значительно повысить скорость высева без нарушения качества.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Тамбовской области по проекту № МУ2023-02/4 рамках Областного конкурса «Гранты для поддержки прикладных научных исследований молодых ученых в 2023 году».*

### ***Список использованных источников***

1. Геометрия посева пропашных культур / А. А. Завражнов, А. И. Завражнов, А. А. Земляной и др. // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. – № 1. – С. 59 – 66.
2. Исследование технических характеристик сеялок точного высева с высевальными аппаратами вакуумно-дискового типа (на примере пропашной сеялки МС-8 производства ПАО «Миллеровосельмаш») / А. А. Завражнов, А. И. Завражнов, А. А. Земляной и др. // Наука в центральной России. – 2021. – № 6(54). – С. 17 – 29.
3. Исследование функциональных характеристик высевальных аппаратов вакуумно-дискового типа (на примере высевального аппарата сеялки точного высева МС-8 производства ПАО «Миллеровосельмаш») / А. А. Завражнов, А. И. Завражнов, А. А. Земляной и др. // Наука в центральной России. – 2021. – № 6(54). – С. 5 – 17.
4. Результаты исследований высевального аппарата сеялки точного высева МС-8 / А. А. Завражнов, А. И. Завражнов, А. А. Земляной и др. // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем : материалы Национальной науч.-практ. конференции, с междунар. участием. – Оренбург : ООО «Типография «Агентство Пресса», 2022. – С. 499 – 506.
5. Пат. на полезную модель № 214579 U1, 03.11.2022. Пневматический высевальный аппарат / Бросалин В. Г., Завражнов А. А., Земляной А. А. и др. – Заявка № 2021130568 от 19.10.2021.
6. Пат. на полезную модель 207573 U1, 02.11.2021. Пневмовакuumный высевальный аппарат / Завражнов А. А., Завражнов А. И., Бросалин В. Г. и др. – Заявка № 202113056 от 04.05.2021.
7. Пат. на полезную модель 207950 U1, 25.11.2021. Пневматический высевальный аппарат / Завражнов А. А., Завражнов А. И., Бросалин В. Г. и др. – Заявка № 2021124211 от 16.08.2021.

### ***References***

1. Geometry of sowing row crops / A. A. Zavrzhnov, A. I. Zavrzhnov, A. A. Zemlyanoi, et al. // Russian agricultural science. – 2022. – No. 1. – P. 59 – 66.
2. A study of the technical characteristics of precision seeding drills with vacuum disk type seeding machines (using the example of the MS-8 row drill manufactured by PJSC Millerovoselmash) / A. A. Zavrzhnov, A. I. Zavrzhnov, A. A. Zemlyanoi, et al. // Science in Central Russia. – 2021. – No. 6(54). – P. 17 – 29.
3. Investigation of the functional characteristics of vacuum-disk type seeding machines (using the example of the seeding machine of the MS-8 precision seeding drill manufactured by PJSC Millerovoselmash) / A. A. Zavrzhnov, A. I. Zavrzhnov, A. A. Zemlyanoi, et al. // Science in Central Russia. – 2021. – No. 6(54). – P. 5 – 17.

4. Research results of the sowing apparatus of the MS-8 precision seeding drill / A. A. Zavrazhnov, A. I. Zavrazhnov, A. A. Zemlyanoi, et al. // Improvement of engineering and technical support of production processes and technological systems : collection of materials of the national scientific and practical conference, with international participation. – Orenburg : OOO “Printing House “Agency Press”, 2022 – P. 499 – 506.

5. Pat. for utility model No. 214579 U1, 03.11.2022., Pneumatic seeding machine / Brosalin V. G., Zavrazhnov A. A., Zemlyanoi A. A., et al. – Application No. 2021130568 dated 19.10.2021.

6. Pat. for utility model 207573 U1, 02.11.2021. Pneumatic vacuum seeding machine / Zavrazhnov A. A., Zavrazhnov A. I., Brosalin V. G., et al. – Application No. 2021113056 dated 05/04/2021.

7. Pat. for utility model 207950 U1, 11/25/2021. Pneumatic seeding machine / Zavrazhnov A. A., Zavrazhnov A. I., Brosalin V. G., et al. – Application No. 2021124211 dated 08/16/2021.

**Д. В. Никитин, В. А. Чурпита, Г. В. Рыбин, А. Г. Павлов**  
(Кафедра «Механика и инженерная графика»,  
Кафедра «Агроинженерия»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: vacuum2008@yandex.ru)

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАКУУМ-ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СУХОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ**

*Аннотация.* Рассмотрены направления повышения эффективности вакуум-транспортных систем для перемещения сухого растительного сырья с применением современных средств автоматизации, контроля и управления.

*Ключевые слова:* сухое растительное сырье, вакуум-транспорт, автоматизация, контроль, управления, повышение эффективности.

**D. V. Nikitin, V. A. Churpita, G. V. Rybin, A. G. Pavlov**  
(Department of Mechanics and Engineering Graphics,  
Department of Agricultural Engineering,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF VACUUM TRANSPORT SYSTEMS FOR MOVING DRY PLANT MATERIALS USING AUTOMATION AND CONTROL EQUIPMENT**

*Abstract.* The article considers the ways of increasing the efficiency of vacuum transport systems for moving dry plant materials using modern automation, control and management tools.

*Keywords:* dry plant materials, vacuum transport, automation, control, management, increasing efficiency.

Необходимость транспортирования сухих сыпучих растительных материалов (зерновые культуры, трава, мука, сахар и т.д.) к месту переработки, хранения и реализации на большие расстояния способствует перспективному развитию транспорта, при этом, решая задачи: повышения производительности труда, снижения энергетических затрат, сохранения качества продукта, повышения безопасности и экологичности технологического процесса [1, 2]. Вакуумные системы транспортировки позволяют механизировать процессы перемещения сыпучих растительных материалов, повышая производительность, снижая трудозатраты и обеспечивая более стабильный технологиче-

ский процесс. При этом использование вакуум-транспортных установок значительно сокращает время и затраты на погрузочно-разгрузочные работы, складскую логистику, что в конечном итоге повышает эффективность всего производственного цикла.

Вместе с тем, для реализации всех указанных преимуществ и обеспечения эффективной и безопасной работы вакуум-транспортных установок необходимо применение современных средств автоматизации и управления. Автоматизация обеспечит точное регулирование и поддержание основных параметров процесса вакуумного транспортирования сухого растительного сырья: разрежение, расход воздуха, скорость транспортирования. Это позволит обеспечить максимальное сохранения целостности и качества перемещаемого сырья.

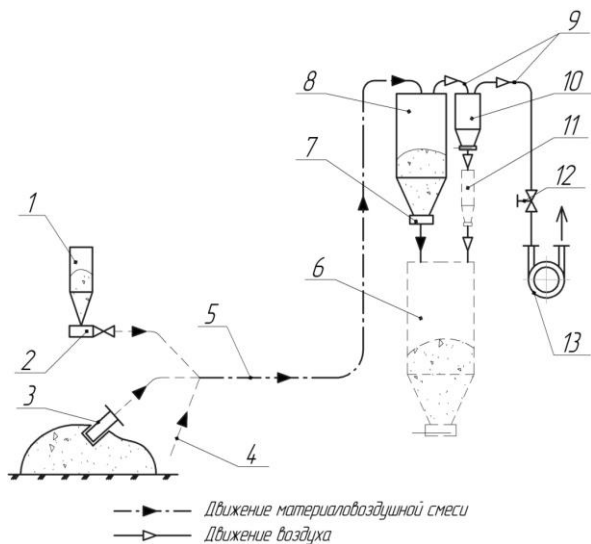
Интеграция современных датчиков и исполнительных механизмов в единую систему управления обеспечит мониторинг и контроль технологического процесса в режиме реального времени. Это позволит оперативно реагировать на отклонения и предотвращать нештатные ситуации.

Применение современных средств автоматизации, таких как программируемые логические контроллеры, SCADA-системы и человеко-машинные интерфейсы, открывает широкие возможности для оптимизации, диагностики и удаленного управления вакуум-транспортными установками. Это повышает их эксплуатационную надежность и энергоэффективность.

Кроме того, использование автоматизированных систем позволяет накапливать и анализировать производственные данные, что является основой для дальнейшего совершенствования технологических процессов и оборудования. Таким образом, применение современных средств автоматизации и управления является ключевым фактором, обеспечивающим эффективную и безопасную эксплуатацию вакуум-транспортных установок при перемещении сухого растительного сырья. Это позволяет в полной мере реализовать преимущества данной технологии и достичь высоких технико-экономических показателей.

На рисунке 1 демонстрируется схема вакуумной транспортной установки на базе жидкостнокольцевого вакуумного насоса. Проанализируем каждый элемент схемы вакуумной транспортной установки и дополним его средствами автоматизации и контроля, а также опишем преимущества от их применения.

Заборный бункер необходимо оснастить датчиками уровня, загрузки и давления, а также интегрировать система дозирования/питания материала. Это позволит обеспечить автоматическое поддержание оптимального уровня загрузки, предотвращение забивания; контроль давления для своевременной очистки.



**Рис. 1. Схема вакуумной транспортной установки на базе жидкостнокольцевого вакуумного насоса:**

- 1 – заборный бункер; 2 – пневмовинтовой питатель; 3 – заборное сопло;  
 4 – заборный трубопровод; 5 – транспортный трубопровод;  
 6 – сборный бункер; 7 – затвор; 8 – циклон; 9 – воздушный трубопровода;  
 10 – пылеуловитель; 11 – пылесборник; 12 – пусковой кран;  
 13 – жидкостнокольцевой вакуум-насос

Пневмовинтовой питатель целесообразно оснастить частотным преобразователем, датчики скорости вращения шнека, датчики положения угла наклона шнека, а также системой управления скоростью подачи. Это позволит обеспечить плавное регулирование скорости подачи сухого сырья, предотвратить пульсации, что в целом положительно скажется на стабильности всего процесса.

Для предотвращения забивания сухого растительного сырья, а также для поддержания оптимального разрежения в заборном контуре необходимо заборное сопло оснастить датчиками давления, а также автоматизированной регулирующей заслонкой.

Оснащение сборного бункера датчиками уровня и автоматизированной системой выгрузки и дозирования позволит обеспечить автоматическое регулирование уровня и дозирования выгрузки сырья, а также предотвратить переполнение бункера.

Использование в затворе электрического или пневматического привода с возможностью плавного регулирования скорости открытия/

закрытия, а также реализация алгоритмов автоматического управления положением затвора в зависимости от режима работы установки позволит обеспечить точное и быстрое позиционирование затвора, как следствие, будут минимизированы нарушения стабильности транспортного потока, связанные с задержками или рывками при открытии/закрытии затвора.

Жидкостнокольцевой вакуумный насос является ключевым элементом, отвечающим за создание и поддержание необходимого разрежения в транспортном контуре. Для повышения эффективности и экономичности его работы целесообразно внедрить автоматическое регулирование размера и положения нагнетательного окна, это позволит оптимизировать режим работы насоса под текущие условия эксплуатации с минимальными энергозатратами. Применение автоматизированной системы управления расходом дополнительно подаваемой рабочей жидкости позволит поддерживать оптимальный уровень и температуру жидкостного кольца с минимальными.

Применение современных систем автоматизации и управления в вакуумных транспортных установках является ключевым фактором для обеспечения их высокой эффективности, надежности и экономичности.

#### *Список использованных источников*

1. Повышение эффективности механизации транспортирования сухих сыпучих растительных материалов / Ю. В. Родионов, В. П. Капустин, А. В. Кобелев и др. // Инновационная техника и технология. – 2017. – № 1(10). – С. 9 – 15.
2. Особенности расчета технологии вакуумного транспортирования сухих сыпучих растительных материалов в режиме сплошного слоя / П. С. Платин, Ю. В. Родионов, В. П. Капустин, Д. В. Никитин // Наука в центральной России. – 2016. – № 6(24). – С. 54 – 65.

#### *References*

1. Improving the efficiency of mechanization of transportation of dry bulk plant materials / Yu. V. Rodionov, V. P. Kapustin, A. V. Kobelev, et al. // Innovative equipment and technology. – 2017. – No. 1(10). – P. 9 – 15.
2. Features of calculating the technology of vacuum transportation of dry bulk plant materials in the continuous layer mode / P. S. Platsin, Yu. V. Rodionov, V. P. Kapustin, D. V. Nikitin // Science in central Russia. – 2016. – No. 6(24). – P. 54 – 65.

**Д. В. Никитин, Н. В. Еричев,  
А. Г. Павлов, Н. Г. Солошенко**  
(Кафедра «Механика и инженерная графика»,  
Кафедра «Агроинженерия»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия,  
e-mail: vacuum2008@yandex.ru)

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ  
ГРАВИТАЦИОННО-КОНВЕКЦИОННАЯ УСТАНОВКА  
НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ – ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ  
К ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
РЕСУРСОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ  
И РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**

*Аннотация.* Рассмотрена инновационная разработка – многофункциональная гравитационно-конвекционная установка для применения в животноводстве и растениеводстве в целях повышения энергоэффективности и рационального использования ресурсов. Приведены основные функциональные возможности установки, дана их краткая характеристика.

*Ключевые слова:* энергоэффективность, рациональное использование ресурсов, твердое топливо, отопление, очистка воды, малые формы хозяйствования, теплицы.

**D. V. Nikitin, N. V. Erichev,  
A. G. Pavlov, N. G. Soloshenko**  
(Department of Mechanics and Engineering Graphics,  
Department of Agricultural Engineering,  
TSTU, Tambov, Russia)

**MULTIFUNCTIONAL GRAVITY-CONVECTION UNIT  
ON SOLID FUEL – AN INNOVATIVE SOLUTION  
TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY AND RATIONAL USE  
OF RESOURCES IN ANIMAL HUSBANDRY  
AND CROP PRODUCTION**

*Abstract.* An innovative development is considered – a multifunctional gravity-convection unit for use in animal husbandry and plant growing in order to increase energy efficiency and rational use of resources. The main functional capabilities of the unit are presented, and their brief characteristics are given.

*Keywords:* energy efficiency, rational use of resources, solid fuel, heating, water purification, small-scale farming, greenhouses.



Современный агропромышленный комплекс сталкивается с острой необходимостью повышения энергоэффективности и рационального использования ресурсов. Особую актуальность данная задача приобретает в сферах тепличного растениеводства и малых животноводческих ферм, где обеспечение оптимальных условий для выращивания растительного сырья и содержания животных является критически важным.

Вместе с тем, проблема повышения энергоэффективности характерна в условиях ограниченного доступа к газу и другим традиционным видам топлива, особенно для многих малых форм хозяйствования. Решением данных проблем может стать применение инновационных технических решений, сочетающих в себе функции энергоэффективного обогрева на твердом топливе (уголь, дрова, опилки, топливные pellets) и комплексной водоподготовки.

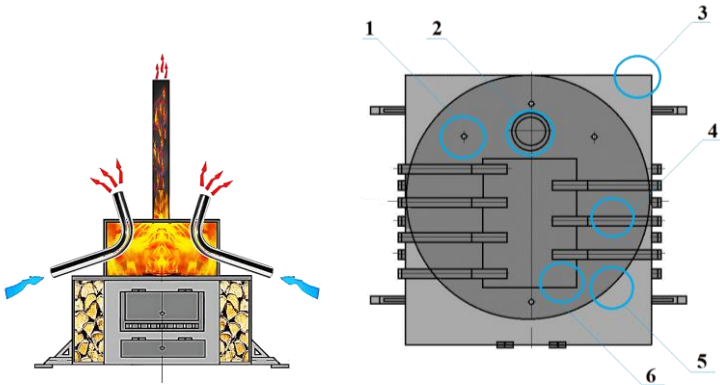
Многофункциональная гравитационно-конвекционная установка на твердом топливе – инновационное решение, разработанное для использования в тепличных хозяйствах, а также на малых животноводческих фермах.

Многофункциональная гравитационно-конвекционная установка на твердом топливе обладает следующими функциональными возможностями:

1. Обеспечивает растапливание снега и подогрев воды с последующей очисткой для поения животных в зимний период.
2. Обеспечивает подготовку воды (например, очистка от солей и бикарбонатов) для поливов в теплицах и оранжереях. При этом установка позволяет не только очищать воду, но и дополнительно насыщать воду микроэлементами (например, селен), необходимыми для роста и урожайности растений.
3. Обеспечивает эффективный обогрев теплиц и оранжерей, а также помещений содержания животных.

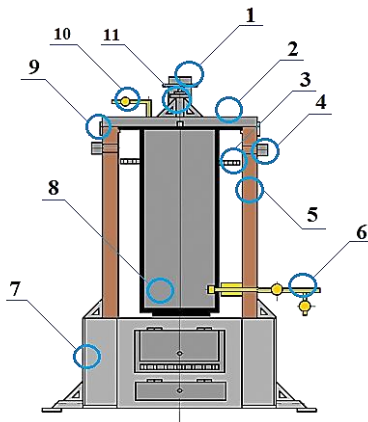
Многофункциональная гравитационно-конвекционная установка на твердом топливе включает блок конвекционного отопления помещений (рис. 1), многофункциональный блок термического нагрева (рис. 2) и блок комплексной системы фильтрации воды с добавлением микроэлементов (рис. 3).

Действие блока конвекционного отопления помещений основано на том, что воздух, который нагревается внутри кожуха, движется по трубам вверх, а холодный подсасывается нижними трубами с пола, что позволяет воздушным потокам постоянно и непрерывно циркулировать в помещении. Узел отличается способностью в короткие сроки нагревать воздух и на протяжении долго времени поддерживать заданную температуру.



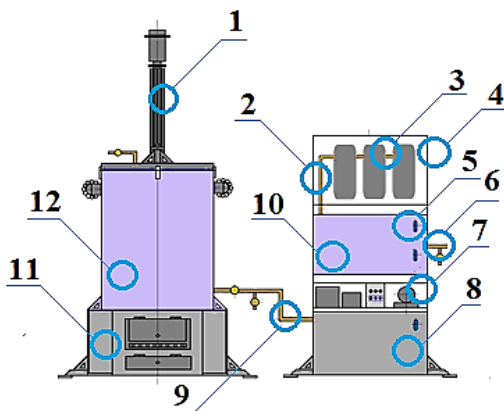
**Рис. 1. Блок конвекционного отопления помещений:**

- 1 – крепежные элементы для монтажа узла; 2 – дымовой канал узла;  
 3 – блок сгорания твердого топлива; 4 – конвективные трубы;  
 5 – узел конвекционного нагрева воздуха; 6 – кожух с теплоизоляцией



**Рис. 2. Многофункциональный блок термического нагрева:**

- 1 – дымовой канал блока; 2 – крышка D 700 с базальтовой теплоизоляцией;  
 3 – дефлектор; 4 – выходы отводных труб дымового канала;  
 5 – корпус блока D 700 мм с базальтовой теплоизоляцией;  
 6 – узел питания нагретым теплоносителем блоков комплектации и слива;  
 7 – блок сгорания твердого топлива; 8 – многофункциональная емкость;  
 9 – замок с регулировкой натяжения; 10 – узел поступления воды;  
 11 – стойка установки дополнительных узлов и клапана давления;  
 12 – отводные трубы дымового канала; 13 – ребра жесткости узла установки  
 дополнительных блоков; 14 – крепежные элементы для монтажа блока;  
 15 – стрелочный датчик температуры; 16 – ребра жесткости блока



**Рис. 3. Блок комплексной системы фильтрации воды с микроэлементами:**

- 1* – блок экономайзера (конвектора) охлаждения дымовых газов;
- 2* – внутренняя система трубопроводов; *3* – узел системы очистки и подготовки воды; *4* – корпус блока комплексной системы фильтрации воды;
- 5* – визуализаторы верхнего и нижнего уровня контроля воды;
- 6* – узел подачи очищенной воды; *7* – узел электропитания и управления блоком комплексной системы фильтрации воды; *8* – накопительная емкость;
- 9* – узел подачи воды в блок комплексной системы фильтрации;
- 10* – емкость очищенной воды с элементами добавления ионов серебра;
- 11* – блок сгорания твердого топлива; *12* – многофункциональный блок термического нагрева

Многофункциональный блок термического нагрева (см. рис. 2) является ключевым звеном всей универсальной многофункциональной гравитационно-конвекционной системы жизнеобеспечения на твердом топливе. Многофункциональный блок термического нагрева решает все основные цели функционирования блоков комплектации. Нагревание жидкого или газообразного теплоносителя в многофункциональной емкости происходит посредством блока сгорания твердого топлива. Такая конфигурация блока термического нагрева позволяет максимально эффективно использовать тепловую энергию, производимую блоком сгорания твердого топлива и, следовательно, значительно сократить его расход.

Эксплуатационные характеристики многофункционального блока термического нагрева на 95 литров такие же, как и большого термоса. Весомое преимущество многофункционального блока термического нагрева – энергонезависимость. Таким образом, работа блока термического нагрева направляется на подготовку теплоносителя по мини-

мальной стоимости. Благодаря теплоизоляции температура теплоносителя в многофункциональном блоке термического нагрева снижается лишь на 3 градуса за 24 часа.

Блок комплексной системы фильтрации воды предназначен для удаления нежелательных химических веществ, биологических загрязнителей, взвешенных твердых частиц, загрязняющих пресную воду, поступающую из многофункционального блока. Окончательным результатом процесса очистки является получение питьевой воды, пригодной для использования с определенной целью, в также воды для полива, обогащенной микроэлементами.

Внедрение универсальной многофункциональной гравитационно-конвекционной системы способно внести значительный вклад в повышение энергоэффективности и рационализацию использования ресурсов в агропромышленном комплексе.

УДК: 633.88:633.55

**Ю. В. Родионов, И. А. Елизаров, Г. В. Рыбин, А. Д. Шипилова**  
(Кафедра «Механика и инженерная графика»,  
Кафедра «Информационные процессы и управление»,  
Кафедра «Агроинженерия»,  
Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.  
e-mail: enot1237@gmail.com)

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА КОМБИНИРОВАННОЙ ВАКУУМ-ИМПУЛЬСНОЙ СУШКИ**

*Аннотация.* Описана высокоавтоматизированная экспериментальная установка для исследования процесса вакуумной сушки растительного материала с возможностью вариации способа нагрева, продувки материала, подачи вакуума и других технологических параметров процесса.

*Ключевые слова:* переработка растительного материала, вакуум-импульсная сушка, биологически активные вещества, автоматизированная система управления.

**Yu. V. Rodionov, I. A. Elizarov, G. V. Rybin, A. D. Shipilova**  
(Department of Mechanics and Engineering Graphics,  
Department of Information Processes and Management,  
Department of Agricultural Engineering,  
Department of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering,  
TSTU, Tambov, Russia)

### **EXPERIMENTAL COMBINED VACUUM-PULSE DRYER WITH AUTOMATIC CONTROL SYSTEM**

*Abstract.* The article describes a highly automated experimental setup for studying the process of vacuum drying of plant material with the possibility of varying the method of heating, blowing the material, supplying vacuum and other technological parameters of the process.

*Keywords:* processing of plant material, vacuum-pulse drying, biologically active substances, automated control system.

Сушка является одним из самых распространенных способов консервации растительного материала. Обезвоживание не дает развиваться бактериям и плесневым грибам, что значительно продлевает срок

хранения материала. Сушеный материал используют для производства широкого спектра продуктов, в том числе функционального питания, биологически активных добавок и лекарственных средств, для которых критически важным является сохранение максимального количества биологически активных веществ и функциональных компонентов, в том числе витаминов и микроэлементов.

Одной из наиболее перспективных технологий обезвоживания растительного сырья является вакуумная сушка, в которой благодаря низкотемпературному кипению жидкости в порах материала происходит значительная интенсификация процесса без потерь функциональных компонентов [1 – 3].

В целях определения наиболее эффективной технологии вакуумной сушки и разработки соответствующего оборудования необходимо создать экспериментальную установку, которая при этом могла бы исследовать разнообразные вариации технологических параметров процесса, таких как способ обдува, нагрев и вакуум-импульсное воздействие на материал.

При проектировании экспериментальных установок важнейшей задачей является снижение воздействия человеческого фактора на протекание эксперимента и снимаемые данные, поэтому необходимым является разработка автоматизированной системы управления (АСУ), которая позволяет достичь максимальной эффективности и повторяемости эксперимента, а также объективности и истинности получаемых данных.

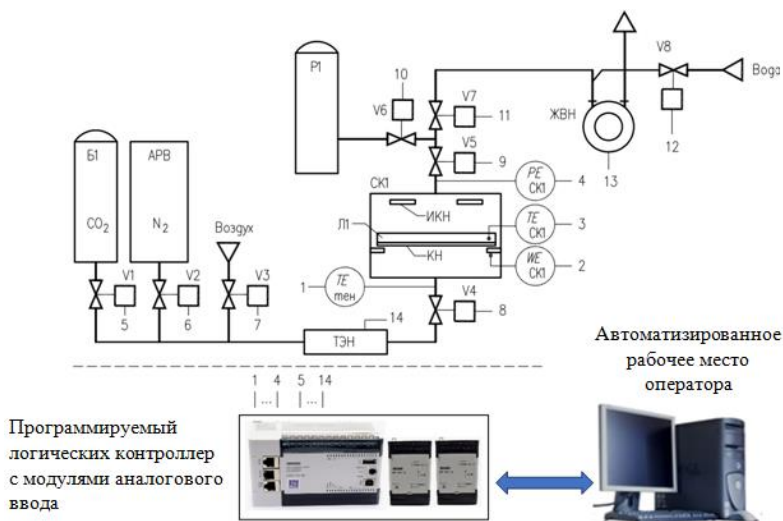
На базе кафедры «МИГ» ФГБОУ ВО «ТГТУ» НОЦ ТГТУ-МичГАУ «Экотехнологии им. Ю. Г. Скрипникова» при содействии ЦКП «Селекция сельскохозяйственных культур и технологии производства, хранения и переработки продукции функционального и лечебно-профилактического назначения» разработана новая экспериментальная комбинированная вакуум-импульсная сушилка растительного материала (рис. 1), которая содержит сушильную камеру СК1 с лотком Л1, на который загружается материал. Лоток устанавливается на пластину кондуктивного нагрева КН и тензодатчики WE-BE1, служащие для определения влажности и динамики влагопотери материала. Также сушильная камера снабжена инфракрасными нагревательными пластинами ИКН для исследования влияния данного вида нагрева.

Сушилка может функционировать с различными сушильными агентами: диоксидом углерода, азотом или воздухом, которые подаются в сушильную камеру через соответствующие отсечные клапаны V1 – V3. Диоксид углерода подается из баллона Б1, азот – из установки адсорбционного разделения воздуха АРВ. Проходя через электронагреватель

(ТЭН), сушильный агент нагревается до заданной температуры. Температура при этом автоматически регулируется контроллером.

Вакуум в сушилке организуется посредством жидкостнокольцевого вакуумного насоса ЖВН, соединенного с сушильной камерой посредством вакуум-линии. В состав вакуум линии входят отсечные клапаны V4 – V7 и ресивер P1, который служит для создания мощных вакуумных импульсов при сушке.

Автоматизированная система управления установкой построена на базе отечественного контроллера компании ОВЕН ПЛК110 и модулей аналогового ввода MB110-8А и MB100-1ТД. Контроллер с модулями аналогового ввода осуществляет получение информации от датчиков температуры сушильного агента и материала, величины вакуума в сушильной камере, веса лотка. На основании информации от датчиков и реализованных алгоритмов функционирования осуществляется управление вакуумным насосом, мощностью нагревателя и отсечными клапанами V1 – V8.



**Рис. 1. Автоматизированная установка комбинированной вакуум-импульсной сушки**

Автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора построено с использованием отечественной SCADA-системы MasterSCADA. АРМ оператора осуществляет [4]: сбор информации от контроллера ПЛК110, ее архивирование и хранение; отображение информации в удобном для оператора виде (мнемосхемы, тренды, сигнализация

цветом); ввод и передачу команд оператора и параметров алгоритмов в контроллер; автоматическое формирование отчетов о ходе проведения процесса.

#### ***Список использованных источников***

1. Гуськов, А. А. Перспективные технологии переработки побочной продукции растениеводства / А. А. Гуськов, Г. В. Рыбин // Пищевые системы. – 2021. – Т. 4, № 3S. – С. 71 – 74.
2. Инновационные конструкции и технологии сушки плодоовощной продукции / Э. С. Иванова, Ю. В. Родионов, О. А. Зорина и др. // Наука в центральной России. – 2021. – № 1(49). – С. 43 – 53.
3. Жидкостнокольцевые вакуумные насосы комбинированного типа для энергоэффективных технологических процессов переработки растительного сырья / Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, Г. В. Рыбин и др. // Наука в центральной России. – 2023. – Т. 66, № 6. – С. 7 – 16.
4. Третьяков, А. А. Автоматизированная лабораторная установка для разработки и исследования технологий производства химических добавок в бетон / А. А. Третьяков, И. А. Елизаров, В. Н. Назаров // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2017. – № 5. – С. 3 – 9.

#### ***Referenses***

1. Guskov, A. A. Promising technologies for processing by-products of crop production / A. A. Guskov, G. V. Rybin // Food Systems. – 2021. – V. 4, No. 3S. – P. 71 – 74.
2. Innovative designs and technologies for drying fruit and vegetable products / E. S. Ivanova, Yu. V. Rodionov, O. A. Zorina et al. // Science in Central Russia. – 2021. – No. 1(49). – P. 43 – 53.
3. Liquid ring vacuum pumps of a combined type for energy-efficient technological processes of processing plant raw materials / Yu. Rodionov, D. Nikitin, G. Rybin // Science in the Central Russia. – 2023. – T. 66(6). – P. 7 – 16.
4. Tretyakov, A. A. Avtomatizirovannaya laboratornaya ustanovka dlya razrabotki i issledovaniya texnologij proizvodstva ximicheskix dobavok v beton / A. A. Tretyakov, I. A. Elizarov, V. N. Nazarov // Industrial automated control systems and controllers. – 2017. – No. 5. – P. 3 – 9.



УДК 66.061.3

**Д. В. Никитин, В. Н. Назаров, Г. В. Рыбин, М. С. Костромин**  
(Кафедра «Механика и инженерная графика»,  
Кафедра «Информационные процессы и управление»,  
Кафедра «Агроинженерия»,  
Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.  
e-mail: enot1237@gmail.com)

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВАКУУМ-ИМПУЛЬСНАЯ ЭКСТРАКЦИОННАЯ УСТАНОВКА С АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ**

*Аннотация.* Описана высокоавтоматизированная экспериментальная установка для исследования процесса вакуумной экстракции растительного сырья с возможностью вариации технологических параметров и исследования влияния сухих и мокрых импульсов на экстрагируемый растительный материал.

*Ключевые слова:* переработка растительного материала, вакуум-импульсное экстрагирование, биологически активные вещества, автоматизированная система управления.

**D. V. Nikitin, V. N. Nazarov, G. V. Rybin, M. S. Kostromin**  
(Department of Mechanics and Engineering Graphics,  
Department of Information Processes and Management,  
Department of Agricultural Engineering,  
Department of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering,  
TSTU, Tambov, Russia)

## **EXPERIMENTAL VACUUM PULSE EXTRACTION PLANT WITH AUTOMATED CONTROL SYSTEM**

*Abstract.* The article describes a highly automated experimental procedure for studying the process of vacuum extraction of plant raw materials with the possibility of varying technological parameters and studying the effect of dry and wet pulses on the extracted plant material.

*Keywords:* processing of plant material, vacuum pulse extraction, biologically active substances, automated control system.

Экстракты растительных материалов нашли широкое распространение в пищевой промышленности как для производства повседневных пищевых продуктов, так и для продуктов функционального питания, а также для производства биологически активных добавок и лекарственных средств. При этом важной задачей экстрагирования

растительного сырья является выделение и сохранение максимального количества биологически активных веществ и функциональных компонентов при минимальных энергозатратах.

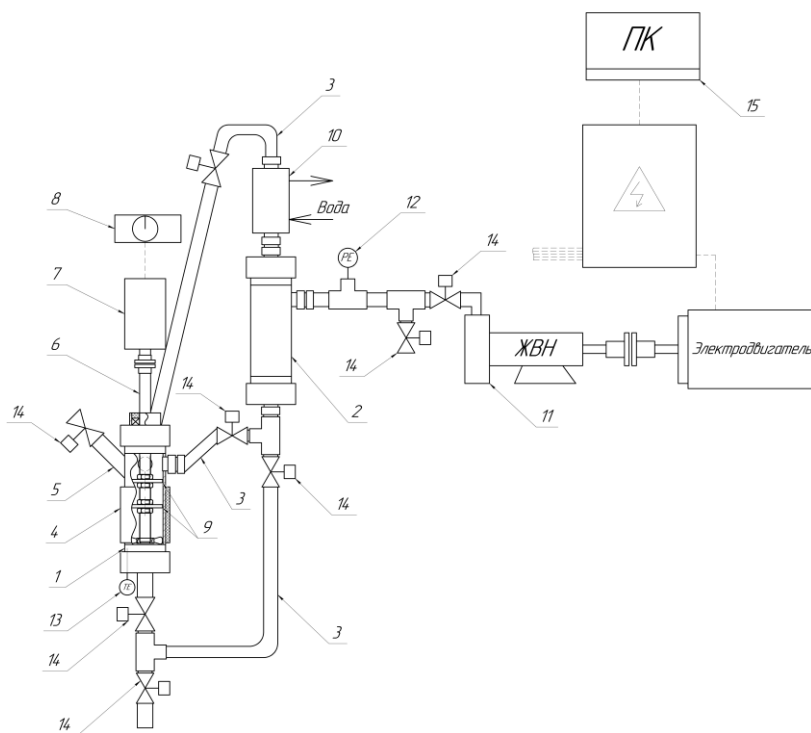
Основные пути интенсификации процесса экстрагирования – повышение температуры экстрагента и организация его движения через материал. В первом случае превышение критического значения вызывает денатурацию термолабильных компонентов и снижает качество экстракта. Во втором – усложняет конструкцию аппарата и повышает материальные и энергозатраты.

Одной из наиболее перспективных технологий является вакуумное экстрагирование. Его особенностью является то, что под вакуумом происходит низкотемпературное кипение экстрагента, за счет чего происходит интенсификация процесса с температурой жидкости, не превышающей критического значения, что позволяет сохранить максимальное количество биологически активных веществ и функциональных компонентов [1 – 3].

Однако процесс вакуумного экстрагирования не до конца изучен, и для определения оптимальных технологических параметров необходим ряд исследований, для чего базе кафедры «МИГ» ФГБОУ ВО «ТГТУ» НОЦ ТГТУ-МичГАУ «Экотехнологии им. Ю. Г. Скрипникова» при содействии ЦКП «Селекция сельскохозяйственных культур и технологии производства, хранения и переработки продукции функционального и лечебно-профилактического назначения» разработана новая экспериментальная вакуум-импульсная экстракционная установка (рис. 1), которая обладает автоматизированной системой управления (АСУ) и широким спектром возможностей, в частности экстрагирования различными жидкими экстрагентами, экстрагирования дистиллятом, вакуум-импульсного воздействия на сухой и смоченный растительный материал.

Данная установка содержит основную 1 и вспомогательную 2 емкости, связанные тремя перепускными трубками 3, по верхней из которых во время работы пар из основной емкости 1 уходит во вспомогательную 2, по центральной дистиллят возвращается в основную емкость 1, и по нижней экстрагент перемещается из основной 1 во вспомогательную 2 емкость для создания импульсного воздействия. Вокруг корпуса 1 закреплен силиконовый нагреватель 4. Также корпус 1 снабжен патрубком для подачи экстрагента 5 и мешалкой 6 с приводом от электродвигателя 7 с регулятором частоты вращения 8, на валу которой закреплены сетчатые диски 9, между которыми располагают растительный материал. Для конденсирования паров основная емкость 1 связана со вспомогательной 2 верхним перепускным патрубком 3 через водяной противоточный холодильник 10.

Организация вакуума осуществляется посредством жидкостно-кольцевого вакуумного насоса 11. Также система содержит датчик давления 12 и датчик температуры экстрагента 13, а также электромагнитные отсечные клапаны 14, за счет которых устанавливается режим работы системы. Автоматизированная система управления установкой представляет собой двухуровневую систему. Нижний уровень представлен контроллером и модулями УСО фирмы «Овен». Верхний уровень представляет собой автоматизированное рабочее место оператора, реализованного на базе SCADA-системы MasterScada 4D.



**Рис. 1. Экспериментальная установка вакуум-импульсного экстрагирования:**

- 1 – основная емкость; 2 – вспомогательная емкость; 3 – перепускные патрубки;  
 4 – силиконовый электронагреватель; 5 – парубок для подачи экстрагента;  
 6 – мешалка; 7 – электродвигатель; 8 – регулятор частоты вращения;  
 9 – сетчатые диски; 10 – холодильник; 11 – жидкостнокольцевой вакуумный насос; 12 – датчик давления; 13 – датчик температуры экстрагента;  
 14 – клапаны; 15 – персональный компьютер

### ***Список использованных источников***

1. 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.
2. Вакуумные технологии производства порошков и экстрактов из овощей, плодов и ягод для функциональных продуктов питания / Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, О. А. Зорина и др. // Наука в центральной России. – 2023. – № 1(61). – С. 55 – 65.
3. Переработка репчатого лука сорта «Стригуновский местный» при помощи экстрагирования / Ю. В. Родионов, Г. В. Рыбин, А. А. Гуськов и др. // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 2. – С. 142 – 147.

### ***Referenses***

1. Technological line for the production of extracts from vegetable raw materials / A. A. Guskov, Yu. V. Rodionov, S. A. Anokhin, et al. // Agrarian Scientific Journal. – 2019. – No. 2. – P. 82 – 85.
2. Vacuum technologies for the production of powders and extracts from vegetables, fruits and berries for functional food products / Yu. V. Rodionov, D. V. Nikitin, O. A. Zorina, et al. // Science in Central Russia. – 2023. – No. 1(61). – P. 55 – 65.
3. Processing of onions of the Strigunovsky local variety by extraction / Yu. V. Rodionov, G. V. Rybin, A. A. Guskov, et al. // Agrarian Scientific Journal. – 2023. – No. 2. – P. 142 – 147.

Научное электронное издание

IV Международная научно-практическая конференция

**«ЦИФРОВИЗАЦИЯ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»**

**В 3-х томах**

**Том II**

**Сборник научных статей**

Редактирование И. В. Калистратовой, Е. С. Мордасовой,  
Л. В. Комбарово́й

Компьютерное макетирование Т. Ю. Зотовой

**ISBN 978-5-8265-2818-1**



9 785826 528181

Подписано к использованию 16.10.2024.

Тираж 100 шт. Заказ № 108

Издательский центр ФГБОУ ВО «ПГТУ»  
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.  
Телефон (4752) 63-81-08.  
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru