

переработки вторичных продуктов и соответствующего оборудования, необходимо проведение исследований по вопросу ферментации, для последующего производства кормов для КРС, с разработкой технологии и комплекта оборудования для переработки вторичных продуктов при производстве семян кукурузы для скормливания КРС, что в последующем будут обеспечивать повышение продуктивности животных, при одновременном снижении себестоимости производства единицы продукции животноводства.

Список использованной литературы

1. Федотова, Г. В., Новые подходы к решению проблемы отходов АПК / Вестник Московского университета имени С. Ю. Вите. Серия 1 : Экономика и управление. – 2024. – №.2 (49). – С 71–79. doi:10.21777/2587-554X-2024-2-71-79.
2. Гильманова Г. Р., Мухаметдинова А. Ф., Семакина Т. В., Валеева Р. Т. Возможность использования кукурузных кочерыжек для производства биотехнологических продуктов // Вестник магистратуры. –2021. – №1-2 (112). – С. 4–6.
3. Василова Л. Я., Каримова Л. И., Борисенков А. Г. Скрининг микроорганизмов – продуцентов ксиланаз // Баш. хим. ж., – 2019. – Вып.26. – №1. – С. 96–99.
4. Повышение эффективности производства молока на основе совершенствования региональной системы кормопроизводства / К. А. Задумкин, А. Н. Анищенко, В. В. Вахрушева, Н. Ю. Коновалова // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2017. – Т. 10, № 6. – С. 170–191. – DOI 10.15838/esc.2017.6.54.11. – EDN YMWXJB.

УДК 631.11:004.89

Бережная И.Ш., кандидат технических наук,
директор центра аддитивных технологий общего доступа
*ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет»,
г. Белгород, Российская Федерация*

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АПК: ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Аннотация. В статье рассматриваются современные инновационные технологии, применяемые в агропромышленном комплексе (АПК), с особым акцентом на внедрение цифровых двойников. Авторы описывают преимущества использования цифровых двойников в сельском хозяйстве, такие как улучшение мониторинга процессов, повышение урожайности и оптимизация ресурсов. В статье также рассматриваются примеры успешного применения цифровых технологий в различных аграрных предприятиях, а также вызовы и барьеры, с которыми сталкиваются участники внедрения этих технологий. Заключение статьи подчеркивает важность интеграции цифровых двойников в АПК для достижения устойчивого развития и повышения конкурентоспособности аграрного сектора в условиях современного рынка.

Abstract. The article discusses modern innovative technologies used in the agro-industrial complex (AIC), with a special focus on the introduction of digital twins. The authors describe the advantages of using digital twins in agriculture, such as improved process monitoring, increased yields, and resource optimization. The article also examines examples of successful application of digital technologies in various agricultural enterprises, as well as the challenges and barriers faced by participants in the implementation of these technologies. The conclusion of the article highlights the importance of integrating digital twins into the agro-industrial complex in order to achieve sustainable development and increase the competitiveness of the agricultural sector in the modern market.

Ключевые слова. инновационные технологии, цифровые двойники, виртуальные копии, цифровизация, 3D-сканирование.

Keywords. innovative technologies, digital doubles, virtual copies, digitalization, 3D scanning.

Сельское хозяйство, являясь важнейшей отраслью экономики, всё больше обращается к инновационным решениям для повышения своей эффективности и устойчивости. Введение цифровых технологий, в этом контексте цифровые технологии, в частности, цифровые двойники, приобретают все большую значимость. Цифровой двойник – это виртуальная модель реального объекта или системы, которая использует данные и алгоритмы для моделирования его поведения, состояния и процессов в реальном времени [1].

Использование цифровых двойников в АПК позволяет получать актуальную информацию о состоянии машин, оборудования, полей и агросистем, что способствует принятию более обоснованных решений, автоматизации процессов и снижению рисков.

Основными направлениями внедрения цифровых двойников в АПК являются: мониторинг состояния техники и оборудования; управление инфраструктурой; обучение и симуляции; оптимизация агротехнологий.

Специфика аграрной отрасли существенно усложняет разработку цифровых двойников. Во-первых, высокая пространственно-временная неоднородность данных является одной из главных сложностей. Состояние почвы и культуры может значительно варьироваться на расстоянии десятков метров и изменяться в течение нескольких часов. Это требует непрерывного сбора и анализа данных, чтобы обеспечить точное представление о текущем состоянии производственного процесса [2].

Во-вторых, жёсткая сезонность аграрного производства ограничивает окно валидации моделей. Ошибки в прогнозах часто становятся очевидными только после сбора урожая, что может повлечь за собой значительные финансовые убытки. Поэтому разработка алгоритмов, которые могут учитывать сезонные изменения и реагировать на них в реальном времени, является ключевым моментом для успешного внедрения цифровых технологий в агробизнес.

В-третьих, агробизнес характеризуется сложной логистикой. Хранение и перемещение продукции сопряжены с проблемами, такими как потери от порчи и энергозатраты на обслуживание холодильных мощностей. В этом контексте цифровой двойник агропредприятия должен представлять не только производственный блок, но и логистический контур, включая склады и транспортные потоки.

Совмещение таких модулей открывает возможности для синергетических оптимизаций. Например, внедрение цифровых двойников позволит корректировать график уборки в зависимости от доступности складских ёмкостей и маршрутов рефрижераторного транспорта. Это поможет избежать излишних затрат, связанных с хранением продукции и обеспечением её транспортировки, а также снизить потери от порчи товаров [3].

Внедрение технологий цифровых двойников окажет значительное влияние на повышение конкурентоспособности АПК России. Применение таких технологий может привести к более эффективному использованию ресурсов, улучшению качества продукции и оптимизации производственных процессов. Однако реализация технологий цифровых двойников на практике требует значительных инвестиций в отрасль. Необходимо современное оборудование, программное обеспечение и обучение персонала для успешной интеграции данных решений в агробизнес [4].

Так, несмотря на вызовы, стоящие перед разработкой и внедрением цифровых двойников, они представляют собой важный шаг к модернизации аграрного сектора, позволяя отвечать на требования современного рынка и обеспечивать устойчивое развитие отрасли в условиях конкурентной борьбы [5].

В Белгородском ГАУ применяются различные технологии, которые участвуют в цифровизации сельского хозяйства. "Все они в равной степени эффективны и важны, их объединяет одна функциональная особенность: они собирают данные. Именно с использованием этих данных можно создать цифровую модель или цифрового двойника. В России размеры фермерских хозяйств измеряются тысячами гектаров, и чтобы максимально эффективно управлять ими, использование цифрового двойника становится важным аспектом ведения бизнеса. Цифровой двойник будет аккумулировать в себе все данные: о внесении удобрений, состоянии поля и уборке урожая (полученные с беспилотников), данные с датчиков уборочной техники, датчиков температуры влажности и т.д. Впоследствии на основании полученной информации из цифрового двойника можно составить точный прогноз и стратегию развития на ближайшее время.

Преимущества внедрения цифровых двойников в АПК [6, 7]:

Мониторинг в реальном времени: цифровые двойники позволяют отслеживать состояние растений, влажность почвы, уровень удобрений и другие важные параметры на производстве. Это дает возможность фермерам и агрономам оперативно реагировать на изменения и корректировать свои действия.

Прогнозирование и оптимизация: анализ данных, полученных с помощью цифровых двойников, позволяет предсказывать урожайность, определять оптимальные сроки посева и уборки, а также минимизировать потери благодаря более точному планированию.

Снижение затрат: эффективное использование ресурсов (воды, удобрений, семян) позволяет снизить затраты на производство, что в условиях конкуренции на рынке очень важно. Оптимизация процессов позволяет сократить расходы на рабочую силу и оборудование.

Устойчивое развитие: с помощью цифровых двойников фермеры могут проводить анализ данных и принимать обоснованные решения, направленные на устойчивое использование природных ресурсов. Это включает в себя меры по сохранению биоразнообразия, улучшению качества почвы и снижению влияния на экосистему.

Перспективой дальнейших исследований является интеграция биофизических моделей роста растений, учитывающих различные факторы, такие как свет, вода, температура, почва и удобрения, в цифровой контур (компьютерная программа или приложение, которое обрабатывает информацию о росте растений) и разработка алгоритмов коллективного взаимодействия двойников различных хозяйств, т.е. мы собираемся создать программы, которые помогут разным фермерским хозяйствам сотрудничать друг с другом, используя их цифровые модели. Это позволит им обмениваться данными, а также оптимизировать свои процессы, что, в свою очередь, может привести к росту эффективности и улучшению результатов работы для всех участников в рамках платформенной экономики, (взаимодействие между хозяйствами, обмен данными и совместные решения будут происходить через современные цифровые платформы). Это создаст удобную среду для сотрудничества и развития бизнеса таким образом, что это позволит агрономам и фермерам лучше планировать и управлять процессами посева, ухода и сбора урожая, основываясь на точных данных и моделях

Список использованной литературы

1. Толочко Н.К., Нукешев С.О., Романюк Н.Н., Мендалиева С.И. Аддитивные технологии в производстве и ремонте машин: учебное пособие. Нур-Султан: КАТУ им. С. Сейфуллина, 2022. 184 с.
2. Бережная, И. Ш. Особенности применения аддитивных технологий / И. Ш. Бережная // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием,

посвященной памяти д.т.н., профессора Вендина Сергея Владимировича, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 8–9. – EDN BCTQSH.

3. Толочко Н.К., Романюк Н.Н., Авраменко П.В. Аддитивные технологии и высшая школа // Вышэйшая школа. 2021. – № 1. – С. 38–43.

4. Сосфенов Д. А. Цифровой двойник как инструмент оптимизации производственных процессов // Инновации и инвестиции. 2023. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-dvoynik-kak-instrument-optimizatsii-proizvodstvennyh-protsessov> (дата обращения: 09.06.2025).

5. Инновационная деятельность в агропромышленном комплексе / В. А. Грабауров, Л. Ф. Догиль, З. М. Ильина [и др.]. – Минск : Белорусский государственный аграрный технический университет, 2011. – 305 с. – ISBN 978-985-519-478-2. – EDN PROEMV.

6. Модернизация технического средства для сортировки клубнеплодов / Н. Н. Романюк, В. Н. Еднач, В. А. Агейчик, С. М. Лакутя // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК, Минск, 06–07 июня 2019 года. – Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет, 2019. – С. 245–249.

7. Прогрессивные технологии технического сервиса в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. К. Толочко [и др.] ; Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина. – Электронные данные (6 567 939 байт). – Нур-Султан : КазАТУ, 2020. – 176 с.

УДК 621.791.92: 621.81

Миранович А.В., кандидат технических наук, доцент;

Афанасенко Д.Е., аспирант

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ УПРОЧНЕНИЕМ С ПНЕВМОВИБРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

Аннотация Изучено влияние комбинированной обработки магнитно-электрического упрочнения с пневмовибродинамической обработкой на трибологические свойства металлических поверхностей пустотелых деталей трансмиссии автотракторной техники в условиях трения качения.

Abstract The influence of combined magnetic-electric hardening with pneumovibrodynamic treatment on the tribological properties of metal surfaces of hollow transmission parts of automotive and tractor equipment under rolling friction conditions was studied.

Ключевые слова комбинированный способ обработки, магнитно-электрическое упрочнение, пневмовибродинамическая обработка, композиционный ферромагнитный порошок, износостойкость, статистическая модель.

Keywords combined processing method, magneto-electric hardening, pneumovibrodynamic processing, composite ferromagnetic powder, wear resistance, and statistical model.