



Курский государственный аграрный университет
имени И.И. Иванова
Кафедра физико-математических дисциплин и информатики

3-я Международная
научно-практическая конференция

Информационные системы и технологии АПК и ПГС

сборник научных статей

10 октября 2025 года

Курск - 2025

УДК 631.3
ББК 40.72
С56 ФМ-11

Председатель организационного комитета -
Волкова Светлана Николаевна, профессор кафедры
физико-математических дисциплин и информатики КурскГАУ,
Зам. председателя организационного комитета –
Сивак Елена Евгеньевна, профессор кафедры ФМДИ КурскГАУ,
Зам. председателя организационного комитета – Шлеенко Алексей Васильевич,
заведующий кафедрой ПГС ЮЗГУ

Информационные системы и технологии АПК и ПГС: сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции (10 октября 2025 года); Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова. - Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2025. – 304 с.

ISBN 978-5-00261-544-5

Содержание материалов конференции составляют научные статьи отечественных и зарубежных молодых ученых. Излагается теория, методология и практика научных исследований в области в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе.

Предназначен для научно-технических работников, ИТР, специалистов в области агроинженерии, преподавателей, студентов и аспирантов вузов.

Материалы в сборнике публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-00261-544-5

УДК 631.3
ББК 40.72

© Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2024
© Авторы статей, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Информационные системы и технологии АПК и ПГС 9

АБРАМОВ О.В. ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПОЛЯ: ОТ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ РОСТА К ПРИНЯТИЮ РЕШЕНИЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ.....	9
АРСЛАНОВА Г.Р. КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА	14
АРСЛАНОВА Г.Р. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И СЦЕНАРИИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА.....	18
БАРСОВА К.М., ТАНЫГИН О.Ф. ПРИМЕНЕНИЕ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВИХРЕЙ В ИОНОСФЕРЕ	22
МИХАЛЕВ О.Н., ЯНЮШКИН А.Р. ВЫЧИСЛЕНИЯ НАД МНОЖЕСТВАМИ ДАННЫХ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ	25
ПАВЛОВА В.И. ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА	31
ПАШКОВА М.И., ПЕТРИЩЕВ Д.В. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ УЗЛОВ СЕЛЬХОЗМАШИН.....	35
ПЕТРУШИНА В.В., ПЕТРИЩЕВ Д.В. ERP-СИСТЕМЫ КАК СТРАТЕГИЯ ИНТЕГРАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ХОЛДИНГА	38
САЛТЫК И.П., КОНЕВА А.Н. НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ ИОГАННА КАРЛА ФРИДРИХА ГАУССА.....	41
СОКОЛОВА А.П., ГАЛЕНКО Л.А. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АПК КАК НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОТРАСЛИ.....	45
ТИТОВ В.М. КОНТЕКСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ	48

Технологии, машины и оборудование для АПК 52

АХРОМЕШИН А.В. ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТРИБУЦИИ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРНЫХ СРЕДСТВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕНДЕНЦИИ	52
ВОЛКОВА С.Н., СИВАК Е.Е., ХОЛОДОВ Д.С., БЕЛОВА Т.В. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАШИН С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ В АГРОИНЖЕНЕРИИ	56
ВОЛКОВА С.Н., СИВАК Е.Е., ХИТРИЧ А.А., СУРЕНКОВ П.М. ЭКСПЕРИМЕНТЫ, ЕГО ВИДЫ И ФУНКЦИИ В НАУЧНОМ ПОЗНАНИИ	60
ВОЛКОВА С.Н., СИВАК Е.Е., СИВАК Н.А., БЕЛОВА Т.В. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ	63
ГАЛКИН А.И., ГАВРИЛОВ С.Д., ЯРЫГИНА И.В. К ВОПРОСУ О ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОМ СЕПАРАТОРЕ.....	66
ГАЛКИН А.И., ГАВРИЛОВ С.Д., ЯРЫГИНА И.В. ФИЛЬТРОВАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗЛИЧНОГО РОДА ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	69
ГУРЕЕВ Ю.А., ПЕТРИЩЕВ Д.В. НОВЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ.....	72
ИРАЛИЕВА Ю.С., ОРЛОВА М.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	75

МИНАЕВ И.В., ЧУКАНОВ А.Н., КУТЕПОВ С.Н., КЛЕМЕНТЬЕВ Д.С., ЦОЙ Е.В. ЛАЗЕРНАЯ МИКРООБРАБОТКА И КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ ХГДН НА ИЗДЕЛИЯХ ИЗ СТАЛИ 20	79
ПАШКОВ Н.В., ПАШКОВА М.И. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА УРОВЕНЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПОЧВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ	85
СЕМЕНОВ Д.С., ГАЛКИН А.И., УВАРОВА А.Г. НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СОХРАНЕНИЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ	88
ЧЕРНЫХ А.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА ЗОЛОТНИКОВОГО ТИПА УЗЛА ВЫРАВНИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ОПОРНОЙ ТЕЛЕЖКИ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ	91

Проектирование, строительство и архитектура для АПК и ПГС..... 98

АЛИЕВ А.А., БУНЕСКУ С.С. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ.....	98
АЛИЕВ Н.М. МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ, ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	101
БАЛУДИН Н.А., КАЛУГЯН К.Д. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	104
БЕЗРОДНАЯ А.С., КАНУННИКОВ Д.А., БОРИСЕНКОВ К.С. ДЕФОРМАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ И ПОРЯДОК ИХ ВЫЯВЛЕНИЯ	107
БЕЗРОДНАЯ А.С., КАНУННИКОВ Д.А., БОРИСЕНКОВ К.С. ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА НЕБОСКРЕБОВ И ОСОБЕННОСТИ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВА.....	110
БЕЗРОДНАЯ А.С., КАНУННИКОВ Д.А., БОРИСЕНКОВ К.С. БЕТОНИРОВАНИЕ ПЕРЕКРЫТИЯ С НЕСЪЁМНОЙ ОПАЛУБКой ИЗ ПРОФИЛИРОВАННОГО НАСТИЛА	113
ГОРОХОВ И.А. БЕТОНЫ И ИХ КЛАССИФИКАЦИИ	116
ДРОБЕНКО А.Ю., УДОД С.В., РЫНДИН К.С., СОЛОНОВ Г.Г. ГЛУБОКИЕ КОТЛОВАНЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ	123
ЖАРИКОВ И.С., ЛОГВИНОВА Ю.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИК ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ, ВОЗВЕДЕННЫХ В XIX ВЕКЕ	127
ЗЛОБИН Н.А., ШМИДТ О.А. ВЫСОКОПРОЧНЫЕ БЕТОНЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВ ДЛЯ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ	133
ИВАНОВА А.С. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ.....	137
КАЛУГЯН К.Д., БОРОВОЙ В.А. СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	139
КАРАСЕВ В.В., ОВЕЗОВ С.В., ЧУМАК М.В. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АРМОГРУНТОВЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТРАНСПОРТНЫХ НАГРУЗОК	142
КОПКОВА А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНОВИДНОСТИ ПЛИТ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ МЕЖЭТАЖНЫХ ПОКРЫТИЙ	145
КРАСОВСКАЯ В.В., БЕЛИКОВ М.И., БОЛГОВ И.В. ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К МОНИТОРИНГУ СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ	148
КУШНЕРЕВ Н.Ю. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ	151

КУШНЕРЕВ Н.Ю. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОПОЛИМЕРНЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ..	154
КУШНЕРЕВ Н.Ю. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОВЕРИЯ К ПРОГНОЗНЫМ МОДЕЛЯМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКОВ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ	157
ЛАВРЕНТЬЕВ Б.В., ПОПОВ А.С., ЧУЛЮКОВ Е.Н., ЧЕРНЯВСКИЙ Д.А. АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК: ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТА И КОНСТРУКЦИИ.....	161
ЛАТИПОВА Д.Б., ЛЕЙЕР Д.В. СТРОИТЕЛЬСТВО НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	165
МАХОВ В.С. АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕГООЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	169
МАХОВ В.С. СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ КАМЕННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	172
МИХАЙЛОВ Е.В. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ УСТРОЙСТВЕ КОММУНАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ.....	174
МОВЛЯНОВА М., САБУРОВ Р., БЕКМУРОДОВ К. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОНА. ЕГО ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ.....	177
ОВЕЗОВ С.В., СУРМАЛЯН К.А., ДОЛЖЕНКО Е.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЗУБЬЕВ В ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТАХ УГОЛКОВЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАСЧЕТНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЖЕНИЙ.....	181
ПОЛОНСКАЯ Л.П., МИХАЙЛОВ Е.В. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ	184
САРИГО Н.В. БУДУЩЕЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ.....	187
СИМОНЕНКО Н.А., ШМИДТ О.А., ЛЕЙЕР Д.В., МУЩАНОВ А.В. УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ	190
СТЕПАНОВ Д.А. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ В XXI ВЕКЕ: ЭВОЛЮЦИЯ КЛАССИКИ В ЭПОХУ ИННОВАЦИЙ	195
СУРМАЛЯН К.А., ШАЛАГАЙ Г.М., ПАНИЕВА С.Л. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛЕГЧЕННЫХ НАСЫПЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫХ СООРУЖЕНИЙ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СОЧИНСКОГО РЕГИОНА	198
ЦУКАНОВ И.К., БАСАРГИН И.Р., СЕМЕНОВ И.В., НИКОЛАЙЧУК А.В. ПОВЫШЕНИЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ ДЕМПФИРОВАНИЯ.....	200
ШАЛАГАЙ Г.М., КАРАСЕВ В.В., МЕШКОВА В.М. РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ МЕРОПРИЯТИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ	207
ШЕРКУНОВА Д.А. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	209
ШЕРКУНОВА Д.А. РОЛЬ ГЕОДЕЗИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	213
ШЕРКУНОВА Д.А. К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ 3D-ПЕЧАТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	217
ЯМОЧКИНА И.А., ВОЛКОВ К.Р. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬНЬИ СФЕРЕ	221

ЯМОЧКИНА И.А., ВОЛКОВ К.Р. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ В УСЛОВИЯХ 2025 ГОДА	223
ЯМОЧКИНА И.А., ВОЛКОВ К.Р. ЭКСПЛУАТАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА, ПРИМЕНЯЕМОГО В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ 2025 ГОДА	226
Экологические проблемы и безопасность жизнедеятельности в АПК и ПГС	230
АЛЕКСЕНКО С.А., ВОЛКОВА Д.С. АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	230
ГЛАЗУНОВА И.В., СОКОЛОВА С.А., ФРОЛИНА Е.А. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ ИРРИГАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА РЕКЕ КУБАНЬ	232
ОРЛОВА М.А., ИРАЛИЕВА Ю.С. ПРОБЛЕМА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА (В Т.Ч. НА ПРИМЕРЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ)	235
САДОВА В.А. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА	239
Транспортные системы и эксплуатация машинно-тракторного парка АПК и ПГС	242
КРУПЧАТНИКОВ Р.А. АНАЛИЗ ГРУЗООБОРОТА АВТОМОБИЛЕЙ В ХОЗЯЙСТВЕ.....	242
Электроэнергетика и электротехника в АПК и ПГС	245
ДЕРЯБИН Д.Н., КОНЯЕВА Н.И., КОНЯЕВ Н.В. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ЛИНЕЙНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ	245
ЕМЕЦ Д.Г., КОНЯЕВА Н.И., КОНЯЕВ Н.В. ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В АПК	250
ИВАНОВА А.С. ЗНАЧЕНИЕ ЭНЕРГООЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ.....	253
КОБЕЛЕВА С.А., ПАВЛОВ Д.А., ПРУДНИКОВ А.Ю., ЛОГИНОВ А.Ю. ОБЗОР СПОСОБОВ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ОСНОВАННЫХ НА АНАЛИЗЕ ВИБРАЦИИ	256
КУПЛЫГИН П.А., КОНЯЕВА Н.И., КОНЯЕВ Н.В. ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В АПК.....	259
МЕЛЬНИКОВ А.А., МАКАРЕВИЧ А.А., ПРУДНИКОВ А.Ю., ЛОГИНОВ А.Ю. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	263
ПОТАПОВ В.С., ПАВЛОВ Д.А., ЛОГИНОВ А.Ю., ПРУДНИКОВ А.Ю. МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	266
ТАНЫГИН Ф.О., ТАНЫГИН О.Ф. БЕЗОПАСНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДКА В ДЕРЕВЯННОМ ДОМЕ	270
Технологии и оборудование пищевых и перерабатывающих производств.....	274
БАРАБАНОВ С.В. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ.....	274
ЗАДУБРОВСКАЯ Т.А., БЕЛОЗЕРОВА Е.В. ОКИСЛЕНИЕ И АНТИОКСИДАНТЫ В РЫБЕ И МЯСЕ	276
ЗАДУБРОВСКАЯ Т.А., БЕЛОЗЕРОВА Е.В. ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИПИДОВ И БЕЛКОВ В ГОВЯДИНЕ ПРИ ХРАНЕНИИ	280

ЗАДУБРОВСКАЯ Т.А., БЕЛОЗЕРОВА Е.В. УПРАВЛЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ В МЯСЕ.....	284
КРОХАЛЕВ В.А., СУВОРОВА А.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРИЗ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ.....	287
ЛЕОНОВА В.Е., БОЕВ С.Г. СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ В ПИЩЕВОЙ ЦЕПочКЕ: СТРАТЕГИИ И ТЕХНОЛОГИИ	290
ЧЕТВЕРИКОВ Е.А., АНДРЕЕВ С.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ФОРМЫ АНОДНОГО ТОКА МАГНЕТРОНА ОТ РЕЖИМА РАБОТЫ МИКРОВОЛНОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ	295
Заключение	303

Информационные системы и технологии АПК и ПГС –
Наш технический прогресс!
Расширяя область применения технологий АПК и ПГС,
Будешь прыгать до небес - эволюции прогресс.
Овладевай системой информации,
Получаешь прибыль без инфляций!



Приветствую Вас, дорогие участники 3-й Международной научно-практической конференции. Начало нового учебного года 2025-2026 ознаменовалось защитой кандидатской диссертации «Повышение эффективности процесса восстановления и упрочнения изношенных деталей автотранспортной техники композиционными гальваническими покрытиями с применением дисульфида молибдена» Серниковой О.С. (Курский ГАУ, 12 сентября 2025 г.). Это лишь фрагмент направления исследований в законченном варианте, в виде диссертационной работы. Владея навыком работы с информационными системами и имеющимися технологиями в АПК и ПГС, можно компьютерным экспериментом вычислить оптимальный вариант, проверив его на практике и по нему вести дальнейшие исследования. Приведу пример с уникальным свойством металлических сплавов, а именно возвращением к исходной конфигурации после деформации при нагреве, что называется эффектом памяти формы (ЭПФ). Так вот, до сих пор большинство сплавов демонстрировали ЭПФ не выше 9-15%, что ограничивало их применение. Учёные Томского государственного университета добились рекордного эффекта памяти формы, добавляя всего 0,2% углерода в высокоэнтропийный сплав на основе: железа, марганца, хрома, кобальта и никеля. Легирование углеродом стало решающим фактором не только повысить прочность сплава, но и способствовало мартенситному превращению, фазовому переходу. Перестройки кристаллической решётки материала при охлаждении или нагреве, что лежит в основе эффекта памяти формы. Так и в представленной работе к защите Ольге Сергеевне удалось доказать, что с применением дисульфида молибдена в качестве твёрдой смазки, возможно расширить область практического применения для восстановления и упрочнения других деталей сельхозмашин, работающих в условиях интенсивного изнашивания. Работа сразу по оптимальному варианту, что позволило в срок выполнить намеченную работу. Всем участникам желаю скорейшего завершения своих исследований и представления в виде кандидатских и докторских работ на нашем техническом совете по защите диссертаций.

С уважением и наилучшими пожеланиями, хорошего осеннего урожая на ниве научно-образовательных учреждений. Успехов в работе нашей конференции, во всех её формах.

*Профессор кафедры физико-математических дисциплин
и информатики КурскГАУ Волкова С.Н.*

Информационные системы и технологии АПК и ПГС

АБРАМОВ ОЛЕГ ВИКТОРОВИЧ, к.э.н., директор
НУ Институт прикладных информационных технологий,
г. Москва, Россия, o.abramov@ipit.ru

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПОЛЯ: ОТ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ РОСТА К ПРИНЯТИЮ РЕШЕНИЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Рассматривается цифровой двойник поля, фактически представляющий собой комплексную виртуальную модель сельскохозяйственного объекта с интеграцией данных от датчиков, спутников, техники и метеостанций, как важнейший инструмент повышения эффективности и устойчивости сельхозпроизводства. В статье дается комплексный анализ архитектуры цифрового двойника поля, методы моделирования и прогнозирования сценариев роста сельскохозяйственных культур на основе агрономических и машинных моделей, а также механизм поддержки и принятия решений в реальном времени. Рассмотрены примеры применения технологии, оценены показатели качества и представлен обзор вызовов и перспектив развития.

Ключевые слова: цифровой двойник, точное земледелие, моделирование сценариев, оптимизация ресурсов, интернет вещей, предиктивная аналитика.

Экосистема современного сельского хозяйства испытывает кардинальные преобразования под воздействием климатических изменений, растущих требований к продовольственной безопасности и ограниченности природных ресурсов [1]. Реализация политики импортозамещения в нынешних геополитических условиях направлена не только на поддержание продовольственной безопасности страны, но и на освоение инновационных направлений деятельности и усиление собственной новаторской активности организаций [2]. На современных агропредприятиях необходимо применение инструментов, с помощью которых можно оперативно обрабатывать данные и обеспечивать комплексное понимание производственных процессов для повышения продуктивности и устойчивости [3]. Традиционные методы агроменеджмента, основанные на периодических наблюдениях и опытных решениях, не обеспечивают необходимой динамичности и точности, тогда как концепция точного земледелия стала системным ответом на эти вызовы, предлагая управление внутривидовой неоднородностью и дифференцированное применение агротехнических приемов [4].

Цифровая трансформация в АПК, активно применяющая технологии Интернета вещей (IoT), беспилотных летательных аппаратов и спутникового мониторинга, значительно расширяет возможности сбора информации [5]. Однако одно лишь накопление данных не приводит к существенному повышению эффективности, поскольку наблюдается низкий уровень их интеграции и анализа. Концепция цифрового двойника (ЦД) предлагает качественно новый подход, заключающийся в создании динамической виртуальной модели реального объ-

екта - поля, в реальном времени отображающей и прогнозирующей его состояние, что позволяет фермерам и агрономам контролировать, анализировать и оптимизировать процессы растениеводства с большей точностью и эффективностью, и служит ведущим механизмом модернизации агропромышленного комплекса [6].

Технология цифровых двойников, впервые получившая распространение в промышленном производстве, доказала свою эффективность в обеспечении предиктивного обслуживания, оптимизации производственных операций и сокращении издержек [7]. ЦД предоставляют непрерывную двунаправленную связь между физическим и виртуальным объектом, позволяя не только отражать текущий статус, но и прогнозировать будущее поведение систем [8].

Таблица 1. Уровни, компоненты и функции архитектуры цифрового двойника

Уровень архитектуры	Компоненты	Описание и функции
Физический уровень	Поле с сельхозкультурами, IoT-датчики, техника, спутники	Физический объект и источники данных о состоянии поля и культур
Уровень сбора данных	IoT-датчики (влажность, температура, NPK), метеостанции, дроны, спутники (NDVI, NDRE)	Обеспечение постоянного и своевременного сбора гетерогенных данных
Уровень хранения и обработки	Облачная платформа, Big Data, системы очистки и интеграции данных	Централизованное хранение, очистка, нормализация и подготовка данных для аналитики
Аналитика и моделирование	Агрономические модели фенологии, машинное обучение для прогнозирования, симулятор сценариев «что-если»	Моделирование роста, прогнозирование рисков, анализ сценариев воздействия
Визуализация и поддержка решений	Интерактивные дашборды, карты заданий, система оповещений	Представление результата аналитики в удобной форме и генерация рекомендаций для принятия решений

Переход цифровых двойников в сферу сельского хозяйства обусловлен потребностью в интеграции множества факторов: почвенных характеристик, погодных условий, биологических процессов роста растений, состояния агротехники и многого другого. В настоящее время возникают пилотные проекты, де-

монстрирующие потенциал данной технологии для сокращения расхода воды и удобрений при одновременном повышении урожайности [9].

Архитектура цифрового двойника поля может быть представлена в виде многоуровневой системы, обеспечивающей сбор, обработку, моделирование и визуализацию данных (табл.1).

На физическом уровне цифровой двойник присвязан к реальному полю через датчики влажности, температуры, уровня питания, а также технические средства и спутниковые системы дистанционного зондирования. Такая среда обеспечивает постоянный и актуальный поток наблюдений [9].

Уровень сбора данных: предусматривается использование IoT-устройств, метеостанций, беспилотников и спутниковых платформ для оперативного мониторинга параметров поля. Интеграция различных источников данных создаст "единый источник правды", с помощью которого обеспечивается полнота и согласованность информации [10].

Уровень хранения и интеграции данных: данные централизованно поступают и располагаются на облачных платформах, где происходит их структурирование, очистка и нормализация. Технологии Big Data позволяют обрабатывать большие объемы данных с высокой скоростью. Решение задач качества данных, таких как устранение шумов и аномалий, повышает достоверность дальнейших моделей.

Аналитика строится на двух ключевых компонентах: агрономических моделях и алгоритмах машинного обучения. Первая группа моделей отвечает за симуляцию физиологических процессов роста растений - фенологии, и реакций на агротехнические меры. Второй - за прогнозирование различных стрессов, заболеваний и разработки оптимальных сценариев воздействия.

Разработка сценариев "что-если" позволяет оценить последствия разных управленческих решений, таких как изменение норм полива или удобрений, и выбрать наиболее эффективные стратегии [11]. При этом на основе ЦД можно осуществлять поиск эффективных решений на основе многокритериального анализа [12].

Для конечного пользователя - агронома создаются интуитивно понятные интерфейсы с интерактивными дашбордами, картами и системой оповещений. Рекомендации по внесению удобрений, поливу или защите растений формулируются на основе вычисленных сценариев и становятся доступны в режиме реального времени.

Цифровой двойник позволяет смоделировать и получить оптимальные даты сева, учитывая прогнозы почвенно-климатических условий, так, например, моделирование гидрофизических свойств почвы в сочетании с прогнозами погоды прогнозирует зоны риска засухи или переувлажнения, что критично для успешного проведения сева.

Сценарное тестирование разных норм удобрений позволяет оценить их влияние на величину себестоимости и потенциальную урожайность, помогая агрокомплексам планировать затраты и снижать экологические риски [9].

На оперативном уровне реализуется поддержка решений в реальном времени. На этапе вегетации цифровой двойник поддерживает управление поливом на основе данных с датчиков влажности и прогнозов погоды, что снижает перерасход ресурсов и увеличивает эффективность полива.

Применение анализа изображений с дронов в сочетании с климатическими данными способствует выявлению очагов развития болезней и точечной обработке полей, уменьшая использование пестицидов.

В случае стрессовых состояний растений по спутниковым данным (NDVI) осуществляется оперативное изменение схемы подкормок, что повышает однородность и качество урожая.

Использование цифрового двойника поля позволяет существенно экономить ресурсы - снижение расхода воды, удобрений и средств защиты растений достигает 15–20% без ущерба для урожайности. За счет контроля внешних и внутренних факторов повышается качество агроуправления и оперативность реакции на аномалии.

Благодаря активной поддержке принятия решений и прогнозированию последствий возможных стратегий влияние человеческого фактора сокращается и уменьшается риск ошибок.

Технологическое внедрение сопряжено с проблемами стандартизации и взаимосвязи данных, необходимостью привлечения значительных инвестиций и дефицитом квалифицированных специалистов, способных работать на стыке агрономии и цифровых технологий. Вместе с тем следует отметить, что возможна интеграция ЦД с системой «Честный знак» [13], что может быть значимым фактором для подтверждения качества продукции.

Цифровой двойник поля является перспективной технологией, способной преобразовать сельскохозяйственное производство и дать возможность перейти от реактивного к проактивному, предиктивному управлению. Интеграция данных из разных источников, аналитика и симуляция сценариев позволяют повысить эффективность использования ресурсов, улучшить качество продукции и снизить воздействие на окружающую среду. Для успешного внедрения необходима проработка и апробация пилотных проектов, стандартизация обмена данными и качественная подготовка кадров. В перспективе цифровые двойники различных объектов планируется интегрировать в более широкие системы управления агропредприятиями и промышленными цепочками.

Список литературы

1. Проблемы и основные направления повышения эффективности функционирования АПК региона в условиях глобализации и импортозамещения: Монография / О. А. Столярова, В. И. Абрамов, О. В. Абрамов [и др.]. – Пенза Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – 392 с.
2. Абрамов, В. И. Реализация политики импортозамещения как фактор активизации инновационных процессов / В. И. Абрамов, Ю. В. Маркина, Д. А. Камынин // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 12-1(89). – С. 134-137. – EDN YRGSQB.
3. Camarella S., Conway M. P., Goering K., Huntington M. Digital Twins: The Next Frontier of Factory Optimization, 2024. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/digital-twins-the-next-frontier-of-factory-optimization>

4. Точное сельское хозяйство / Е. В. Труфляк, Н. Ю. Курченко, А. А. Тенеков [и др.]. – 2-е издание, стереотипное. – Санкт-Петербург : Издательство "Лань", 2021. – 512 с. – ISBN 978-5-8114-6691-7. – EDN DOERGW.

5. Информационный бюллетень технологического лидерства Агропромышленный комплекс. Июнь 2025. <https://d-economy.ru/analitic/informacionnyj-bjulleten-tehnologicheskogo-liderstva-napravlenie-apk/>

6. Абрамов, В. И. Цифровые двойники с использованием агродронов в управлении растениеводством: особенности создания и перспективы / В. И. Абрамов, В. В. Гордеев, А. Д. Столяров // АПК: экономика, управление. – 2024. – № 4. – С. 37-49. – DOI 10.33305/244-37. – EDN GCXIRI.

7. Гордеев, В. В. Роль цифровых двойников в управлении производством и базовые принципы их создания / В. В. Гордеев, А. Д. Столяров, В. И. Абрамов // Экономика и управление: теория и практика. – 2024. – Т. 10, № 1. – С. 29-39. – EDN FOTNAH.

8. Гордеев, В. В. Прогнозирование бизнес-процессов как инструмент принятия решений в рамках проактивного подхода к управлению / В. В. Гордеев, В. И. Абрамов // Экономика и управление. – 2025. – Т. 31, № 7. – С. 893-902. – DOI 10.35854/1998-1627-2025-7-893-902. – EDN QAAlDI.

9. Hexagon Digital Twin Industry Report, 2024. <https://hexagon.com/resources/insights/digital-twin/report>

10. Столяров, А. Д. Цифровые двойники как инструменты повышения эффективности управления компанией / А. Д. Столяров, В. В. Гордеев, В. И. Абрамов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2024. – № 4(52). – С. 5-16. – DOI 10.21685/2227-8486-2024-4-1. – EDN YMRZCN.

11. Жарасов, Б. С. Цифровые двойники в управлении производством: принципы создания, проблемы внедрения и перспективы развития / Б. С. Жарасов, В. И. Абрамов // Современная экономика: проблемы и решения. – 2024. – № 6(174). – С. 80-94. – DOI 10.17308/meps/2078-9017/2024/6/80-94. – EDN WCDNVP.

12. Столяров, А. Д. Методика поиска многокритериальных решений на основе цифровых двойников / А. Д. Столяров, В. В. Гордеев, В. И. Абрамов // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29, № 7. – С. 851-858. – DOI 10.35854/1998-1627-2023-7-851-858. – EDN BWERQI.

13. Цифровизация предприятий пищевой промышленности с использованием «Честного знака»: вызовы, особенности, перспективы / В. И. Абрамов, О. В. Абрамов, В. В. Гордеев, А. Д. Столяров // Продовольственная политика и безопасность. – 2025. – Т. 12, № 1. – С. 281-301. – DOI 10.18334/ppib.12.1.122489. – EDN HFRNWP.

АРСЛАНОВА ГУЗЕЛЬ РИМОВНА, магистрант

Научный руководитель –

ИШМУРАДОВА ИЗИДА ИЛДАРОВНА, к.э.н.,

Набережночелнинский институт (филиал) КФУ,

г. Набережные Челны, Россия

(e-mail: garslanova32@gmail.com)

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА

В статье предлагается концепция цифрового двойника агропромышленного кластера для преодоления цифровой разрозненности существующих решений. Представлена структурная модель из пяти ключевых блоков (производство, логистика, переработка, сбыт, управление) с детализацией объектов цифровизации и источников данных. Внедрение данной концепции позволит достичь синергетического экономического эффекта за счет сквозной оптимизации процессов. Расчетный срок окупаемости комплексного цифрового двойника составляет 3-5 лет благодаря повышению операционной эффективности и управляемости кластера.

Ключевые слова: цифровой двойник, агропромышленный кластер, точное земледелие, цепочка создания стоимости, Интернет вещей (IoT), большие данные, искусственный интеллект, архитектура системы.

Современный агропромышленный комплекс (АПК) сталкивается с необходимостью цифровой трансформации для повышения эффективности, прозрачности и устойчивости цепочек создания стоимости в условиях глобальных трансформаций. Мировой АПК находится под влиянием ряда мощных трендов: глобализация рынков, изменение климата, рост населения и потребления, ужесточение требований к качеству и полной прослеживаемости продукции. Эти вызовы диктуют необходимость перехода к более умным, эффективным и устойчивым моделям управления. Принципы, отработанные в концепциях «умного города» (smart city), такие как интеграция данных с различных объектов инфраструктуры на единой платформе для централизованного управления, находят прямое применение и в задачах комплексной цифровизации АПК [1]. Ключевым элементом успеха является комплексное проектирование и разработка информационных систем, которые объединяют все технологические процессы производственного предприятия в единое цифровое пространство [2]. Цифровизация становится не опцией, а императивом для сохранения конкурентоспособности. Внедрение передовых технологий позволяет перерабатывать огромные массивы данных в ценные инсайты и автоматизированные решения.

На сегодняшний день существует множество точечных решений для цифровизации сельского хозяйства: системы точного земледелия, IoT-платформы для мониторинга техники, ERP-системы для переработчиков. Однако основная проблема заключается в их разрозненности, что создает «цифровые разрывы»

между различными этапами цепочки создания стоимости — от производства до сбыта. Эффективная разработка таких систем требует глубокого анализа бизнес-процессов и создания гибкой архитектуры, способной к масштабированию и интеграции с новыми модулями [2].

Концепция цифрового двойника (ЦД), представляющего собой виртуальную динамическую копию физического объекта или системы, предлагает принципиально новый подход.

Цифровой двойник агропромышленного кластера — это динамическая, самообучающаяся виртуальная модель, которая в реальном времени отражает состояние и поведение всех объектов кластера, объединенных сквозными материальными, финансовыми и информационными потоками. ЦД агропромышленного кластера позволяет интегрировать данные со всех этапов цепочки в единое информационное пространство, обеспечивая сквозное управление и моделирование. Зарубежные и отечественные исследования демонстрируют успешное применение ЦД для решения локальных задач, например, моделирование роста сельскохозяйственных культур в точном земледелии, управление микроклиматом в умных теплицах, мониторинг здоровья скота. Существуют попытки создания более интегрированных платформ, однако они часто охватывают лишь часть цепочки (например, производство и первичную логистику).

Проведенный анализ выявил ключевое «белое пятно», а именно, отсутствие комплексных решений уровня всего кластера, которые охватывали бы всю цепочку «поле — переработка — логистика — сбыт» и предоставляли бы инструменты для сквозной оптимизации.

В результате исследования выделены на ключевые объекты цифровизации: производственный блок, логистический блок, перерабатывающий блок, сбытовой блок, управляющий блок.

1. Производственный блок представляет собой совокупность биотехнологических и технологических объектов, осуществляющих первичное производство сельскохозяйственной продукции. Ключевыми объектами цифровизации являются:

- поля — агроценозы, характеризующиеся пространственно-временной изменчивостью почвенно-мелиоративных (влажность, содержание гумуса, pH, pH_k) и фитосанитарных параметров;
- теплицы — контролируемые агротехнические системы, требующие мониторинга микроклимата (температура, влажность воздуха, концентрация CO₂) и параметров питательных растворов (в гидропонных установках);
- фермы — животноводческие комплексы, где критически важными являются данные о физиологическом состоянии поголовья (продуктивность, поведенческие паттерны, показатели здоровья), параметрах микроклимата и потреблении кормов;
- сады — многолетние насаждения, для которых актуальны данные о фенологических фазах развития, состоянии крон и почвенного покрова.

Цифровая репрезентация блока формируется на основе данных телеметрии, результатов дистанционного зондирования (съемка с БПЛА, спутниковые снимки) и данных агроскаутинга.

2. Логистический блок обеспечивает пространственно-временное преобразование материальных потоков и сохранение качественных характеристик продукции. Объекты цифровизации включают:

- транспорт — подвижной состав, оснащенный системами телематики (GPS/ГЛОНАСС-трекинг), датчиками контроля условий перевозки (температура, влажность, вибрации) и параметров работы двигателя;
- хранилища (включая овощехранилища) — инженерные сооружения, для которых ключевыми являются данные систем активного вентилирования и климат-контроля, обеспечивающих поддержание заданных термовлажностных режимов;
- элеваторы — объекты для хранения сыпучих продуктов, требующие мониторинга уровня загрузки силосов, температуры зерновой массы и активности аэробационных процессов.

Интеграция данных с объектов данного блока позволяет реализовать принципы «умной логистики» и минимизировать транзакционные издержки.

3. Перерабатывающий блок осуществляет трансформацию сырья в продукцию с добавленной стоимостью. Его цифровая репрезентация фокусируется на:

- заводы и цеха — технологические линии, состояние которых описывается параметрами работы основного оборудования (производительность, температура, давление), показателями качества сырья на входе (например, содержание клейковины в зерне) и выходными характеристиками готовой продукции (выход, соответствие ТУ);
- системы контроля технологических процессов (АСУ ТП), предоставляющие данные в режиме реального времени для построения цифровых теней производственных операций.

Мониторинг данного блока направлен на оптимизацию технологических регламентов, снижение энергоемкости и обеспечение стабильного качества продукции.

4. Сбытовой блок реализует дистрибуцию продукции и замыкает информационную петлю обратной связи с конечным потребителем. Объекты цифровизации:

- дистрибьюторы — ключевые источники данных об объемах отгрузок, состоянии складских остатков и оборачиваемости продукции;
- ритейл — предоставляет данные в формате ECR, включая динамику продаж в разрезе SKU, результаты промо-акций и данные с полочных сканеров;
- конечный потребитель — источник неструктурированных данных в форме отзывов и предпочтений, собираемых через цифровые платформы и системы CRM.

Анализ данных сбытового блока позволяет осуществлять точное прогнозирование спроса и формировать клиентоориентированную продуктовую стратегию.

5. Управляющий блок является мета-уровнем системы, обеспечивающим стратегическое и тактическое управление кластером на основе консолидированных данных. Включает:

- финансы – модули учета и планирования, аккумулирующие данные о денежных потоках, себестоимости продукции и рентабельности бизнес-направлений;
- планирование – системы APS, использующие агрегированные данные для формирования производственных программ и бюджетов;
- аналитика – платформы бизнес-аналитики, осуществляющие агрегацию, визуализацию и глубинный анализ кросс-функциональных данных для поддержки принятия стратегических решений.

Таким образом, предложенная декомпозиция формирует целостную модель данных, необходимую для построения комплексного цифрового двойника, адекватно отражающего структуру и динамику агропромышленного кластера.

Ожидаемые результаты от внедрения:

1. Снижение затрат на ГСМ, воду, электроэнергию и удобрения.
2. Сокращение потерь продукции при хранении и транспортировке.
3. Увеличение урожайности за счет оптимизации агротехнологий.
4. Повышение прозрачности и управляемости всего кластера.
5. Сокращение времени принятия решений.
6. Повышение лояльности потребителей за счет прослеживаемости.

Совокупный экономический эффект от внедрения данных решений достигается за счет синергии между перечисленными факторами и проявляется в повышении рентабельности и инвестиционной привлекательности всего агропромышленного кластера [3]. Несмотря на высокие первоначальные инвестиции, расчетный срок окупаемости комплексного ЦД составляет 3-5 лет за счет совокупного эффекта от оптимизации всех процессов.

В ходе исследования была проанализирована структура агропромышленного кластера и выявлена необходимость в комплексном подходе к его цифровизации. Для решения этой задачи была разработана концепция цифрового двойника, интегрирующего данные от поля до потребителя. Практическая значимость работы заключается в том, что внедрение предложенной архитектуры ЦД позволит агропромышленным кластерам достичь принципиально нового уровня эффективности, устойчивости и конкурентоспособности на глобальном рынке.

Список литературы

1. Абдуллина, Э. И. Управление технологиями Smart city на муниципальном уровне / Э. И. Абдуллина, Г. Р. Гумерова. – Курск : Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2023. – 115 с. – ISBN 978-5-907710-12-2. – DOI 10.47581/2023/Abdullina-Gumerova.01. – EDN FRYOSH.
2. Гумерова, Г. Р. Проектирование, разработка и оценка экономической эффективности компонента информационной системы производственного предприятия / Г. Р. Гумерова, Э.

И. Абдуллина. – Курск : Закрытое акционерное общество "Универ, 2022. – 110 с. – ISBN 978-5-907627-92-5. – DOI 10.47581/2022/Gumerova-Abdullina.01. – EDN PLLZKP.

3. Гумерова, Г. Р. Экономические эффекты внедрения корпоративных информационных систем / Г. Р. Гумерова, Т. Г. Мансурова // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 2(139). – С. 767-770. – DOI 10.34925/EIP.2022.139.2.146. – EDN DEQNBH.

4. Мансурова, Т. Г. Интеллектуальные системы как инструмент управления умным городом / Т. Г. Мансурова, Г. Р. Гумерова, К. Р. Лигеева // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 2(139). – С. 490-494. – DOI 10.34925/EIP.2022.139.2.089. – EDN FRYPSM.

5. Цифровой двойник производственной системы на основе программного обеспечения категории MES / Фролов, Е.Б., Климов, А.С., Зин Мин Хтун // Вестник Брянского государственного технического университета, 2018. – № 12 (73). – С. 66-73.

6. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса / Кокорев, Д.С. // Colloquium-journal TECHNICAL SCIENCE, 2019. – №10(34). – С. 31-35.

АРСЛАНОВА ГУЗЕЛЬ РИМОВНА, магистрант

Научный руководитель –

ИШМУРАДОВА ИЗИДА ИЛДАРОВНА, к.э.н.,

Набережночелнинский институт (филиал) КФУ,

г. Набережные Челны, Россия

(e-mail: garslanova32@gmail.com)

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И СЦЕНАРИИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

Статья посвящена практической реализации технологии цифрового двойника в агропромышленном комплексе. Рассматриваются ключевые сценарии использования, такие как предиктивное земледелие, умная логистика и адаптивное планирование. Демонстрируется, как интеграция данных и аналитических алгоритмов позволяет перейти от реактивного управления к предиктивно-адаптивной модели. Внедрение цифрового двойника способствует повышению операционной эффективности, устойчивости и рентабельности агробизнеса.

Ключевые слова: цифровой двойник, агропромышленный комплекс, предиктивная аналитика, управление цепочкой создания стоимости, большие данные.

В современном агропромышленном комплексе повышение операционной эффективности и устойчивости производства напрямую связано с переходом от реактивных методов управления к комплексным, основанным на данных. Экономические эффекты внедрения корпоративных информационных систем, таких как цифровой двойник [5], проявляются в снижении операционных затрат, оптимизации ресурсов и повышении общей рентабельности бизнеса [3]. Ключевым этапом становится проектирование и разработка информационных систем, которые обеспечивают целостность данных и интеграцию всех участков производства [2]. Такой переход обеспечивает технология цифрового двойника — динамической виртуальной копии физической системы, которая интегрирует данные на всех этапах создания стоимости. При этом проектирование таких

систем требует тщательного анализа бизнес-процессов для создания гибкой и масштабируемой архитектуры [3]. Данная статья рассматривает практическую реализацию цифрового двойника в агрокластере, демонстрируя, как синергия данных и передовых аналитических алгоритмов раскрывает его потенциал. Мы сосредоточимся на ключевых сценариях использования, которые не только автоматизируют отдельные процессы, но и создают предиктивно-адаптивную среду для принятия стратегических решений, обеспечивая переход к принципиально новому уровню управления агробизнесом.

Предложенная архитектура цифрового двойника (на рис.) раскрывает свой потенциал через ряд ключевых сценариев использования, которые демонстрируют синергетический эффект от интеграции данных на протяжении всей цепочки создания стоимости. Эти сценарии обеспечивают переход от реактивного управления к предиктивно-адаптивной парадигме, что является центральным преимуществом внедрения технологии.

Сценарий «Предиктивное земледелие». Данный сценарий предполагает реализацию замкнутого цикла управления агротехнологическими операциями на основе гетерогенных данных. Мультиспектральная и тепловизионная съемка с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в комплексе с сетью почвенных датчиков (влажность, температура, электропроводность) формирует исходный массив данных для анализа. Алгоритмы машинного обучения, в частности регрессионные и классификационные модели, идентифицируют гетерогенность внутриполевого пространства, классифицируя зоны по вегетационному индексу NDRI (normalized difference red edge index) и потенциалу продуктивности. На основе этих данных агроном-консультант получает сгенерированные системой карты-задания для дифференцированного внесения средств химизации (СЗР и удобрений), а также рекомендации по режимам орошения, что позволяет минимизировать ресурсные затраты и экологическую нагрузку при одновременной максимизации урожайности и качества сельскохозяйственной продукции.

Сценарий «Умная логистика и хранение». В рамках данного сценария цифровой двойник осуществляет интегрированное управление цепями поставок и условиями хранения сельхозпродукции. Система в режиме, близком к реальному времени, аккумулирует данные с GPS/ГЛОНАСС-трекеров, датчиков температуры и относительной влажности в кузовах транспортных средств и складских помещениях. Используя алгоритмы оптимизации (например, метод ветвей и границ или генетические алгоритмы), модуль планирования маршрутов производит динамический пересчет логистических схем с учетом состояния дорожной сети, прогнозируемого времени прибытия и приоритетности партий. Параллельно, на основе предиктивных моделей, система управления микроклиматом на элеваторе или в овощехранилище заранее регулирует вентиляцию и температурный режим. Это предотвращает развитие грибковых инфекций и минимизирует естественную убыль массы, что напрямую влияет на сохранность и товарные качества продукции.

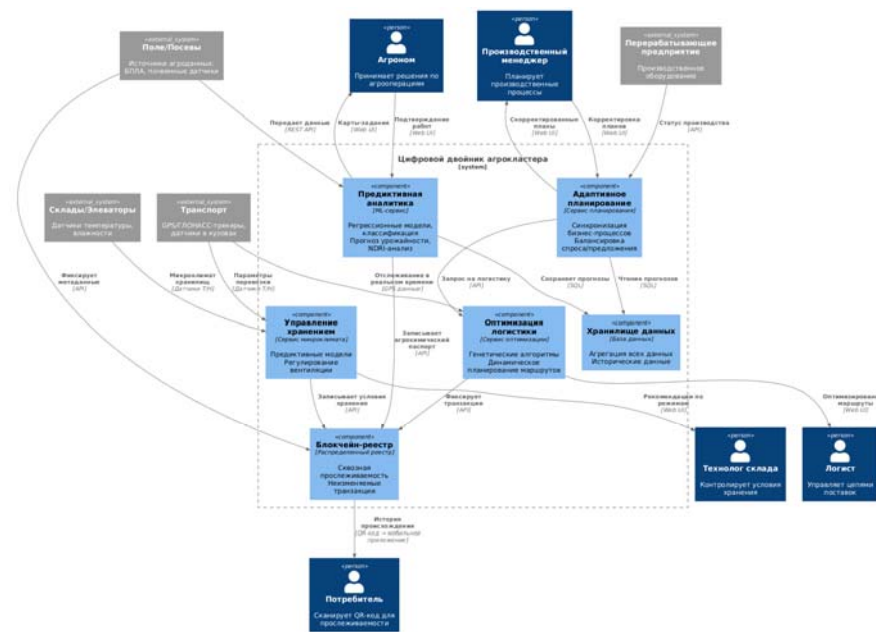


Рис. Модель цифрового двойника АПК

Сценарий «Сквозная прослеживаемость». Реализация этого сценария обеспечивает выполнение регуляторных требований и формирует основу для коммуникации «доверия» с конечным потребителем. Каждой партии сырья на этапе уборки присваивается уникальный цифровой идентификатор (например, на основе блокчейн-технологии), который связывается с его метаданными: географические координаты поля, генотип культуры, агрохимический паспорт, дата и способ уборки. При последующих операциях (транспортировка, переработка, фасовка) в распределенный реестр вносятся неизменяемые записи о каждом транзакционном событии, включая параметры технологических процессов и условия перевозки. Верификация данных потребителем осуществляется через сканирование QR-кода на потребительской упаковке, что обеспечивает доступ к аутентичной и полной истории происхождения продукта, тем самым повышая его воспринимаемую ценность и лояльность к бренду.

Сценарий «Адаптивное планирование производства». Данный сценарий направлен на синхронизацию смежных бизнес-процессов кластера для балансировки спроса и предложения. Прогнозная модель урожайности, основанная на анализе многолетних агрометеорологических данных и текущего состояния посевов, инициирует каскад корректировок в смежных модулях. При прогнозировании аномально высокой урожайности томатов, система автоматически генерирует сигнал для модуля управления производственными активами перерабатывающего предприятия, который пересчитывает графики работы цехов, пла-

нирует проведение превентивного технического обслуживания оборудования и рассчитывает потребность в трудовых ресурсах. Одновременно с этим, модуль управления цепочками поставок формирует и направляет автоматизированные заявки в системы снабжения на необходимое количество тары, упаковочных материалов, а также бронирует соответствующие логистические мощности для своевременного вывоза готовой продукции, предотвращая возникновение «бутылочных горлышек» и связанных с ними потерь.

Представленные сценарии использования — «Предиктивное земледелие», «Умная логистика и хранение», «Сквозная прослеживаемость» и «Адаптивное планирование производства» — наглядно демонстрируют, как предложенная архитектура цифрового двойника трансформирует агропромышленный комплекс. Реализуя замкнутые циклы управления на основе гетерогенных данных, система позволяет минимизировать ресурсные затраты и экологическую нагрузку, максимизировать урожайность и качество продукции, а также предотвращать логистические и производственные потери.

Таким образом, центральным итогом внедрения цифрового двойника становится фундаментальный сдвиг от реагирования на проблемы к их предвосхищению и активному предотвращению. Интеграция данных на протяжении всей цепочки создания стоимости создает синергетический эффект, когда оптимизация в одной области (например, в земледелии) инициирует каскад позитивных изменений в смежных процессах (логистике, переработке, сбыте). Это формирует основу для устойчивого, прозрачного и высокорентабельного агробизнеса, отвечающего вызовам современного рынка и запросам потребителей.

Список литературы

1. Внедрение цифровых двойников как одно из ключевых направлений цифровизации производства / Курганова, Н.В., Филин, М.А., Черняев, Д.С., Шаклеин, А.Г., Намиот, Д.Е. // International Journal of Open Information Technologies (Компьютерные и информационные науки), 2019. – Vol.7, no 5, – С. 105-107.
2. Гумерова, Г. Р. Практика проектирования, разработки и эксплуатации информационных систем: комплекс моделей проектов реализации / Г. Р. Гумерова, Т. Г. Мансурова, Ю. Н. Бурханова. – Курск : Закрытое акционерное общество "Универс, 2023. – 328 с. – ISBN 978-5-907776-94-4. – EDN VDKIFX.
3. Гумерова, Г. Р. Экономические эффекты внедрения корпоративных информационных систем / Г. Р. Гумерова, Т. Г. Мансурова // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 2(139). – С. 767-770. – DOI 10.34925/EIP.2022.139.2.146. – EDN DEQNBH.
4. Мансурова, Т. Г. Интеллектуальные системы как инструмент управления умным городом / Т. Г. Мансурова, Г. Р. Гумерова, К. Р. Лигеева // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 2(139). – С. 490-494. – DOI 10.34925/EIP.2022.139.2.089. – EDN FRYPSPM.
5. Цифровая железная дорога - ertms, bim, GIS, PLM и цифровые двойники / Куприяновский, В.П., Аленьков, В.В., Климов, А.А., Соколов, И.А., Зажигалкин, А.В. // Современные информационные технологии и ИТ-образование, 2017. – Том 13 №3, – С. 129-166.
6. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса / Кокорев, Д.С. // Colloquium-journal TECHNICAL SCIENCE), 2019. – №10(34). – С. 31-35.

БАРСОВА КАРИНА МАКСИМОВНА, студент
ТАНЫГИН ОЛЕГ ФЕДОРОВИЧ, к.т.н., доцент
 (e-mail: oftanygin@yandex.ru)
 Курский государственный аграрный университет
 имени И.И. Иванова, г.Курск, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВИХРЕЙ В ИОНОСФЕРЕ

В данной статье рассматривается строение ионосферы, влияние на нее солнечного излучения и особенности распространения электромагнитного поля в ионосфере и тропосфере, а также прохождение поля через ионосферу во время работы спутниковой навигационной системы. Предложено использовать фазовые радиодальномеры в сельском хозяйстве для управления беспилотными агрегатами во время прекращения работы спутниковой навигационной системы.

Ключевые слова: ионосфера, электромагнитное поле, тропосфера, солнечное излучение, спутниковая навигационная система.

Ионосфера - это слой верхней атмосферы Земли находящийся на высотах от 60 до 400 км, где под воздействием солнечного излучения образуется множество заряженных частиц. Эта область атмосферы имеет важное значение для процессов распространения радиоволн и взаимодействия Земли с космическим пространством. В последние десятилетия исследования ионосферы стали особенно актуальными в связи с развитием спутниковых систем связи навигации и прогностических моделей космической погоды.

Ионосфера условно делится на несколько слоев: D, E, F1 и F2. Каждый слой характеризуется специфическими параметрами: высотой, концентрацией электронов и зависимостью от солнечной активности. Слои динамичны и изменяются в зависимости от времени суток, сезона и геомагнитных условий.

Таблица 1. Слои ионосферы

Слой	Высота, км	Особенности
D	60–90	Поглощение радиоволн, особенно КВ-диапазона
E	90–150	Отражение радиоволн средней частоты
F1	150–250	Существование в дневные часы, зависимость от солнечной активности
F2	250–400	Основной отражающий слой, критически важен для дальней радиосвязи

Электромагнитные процессы в ионосфере обладают сложной природой и формируются под воздействием как внешних, так и внутренних факторов. Одним из основных источников является солнечное излучение, которое вызывает

ионизацию молекул и атомов в атмосфере на больших высотах. Уровни ультрафиолетового и рентгеновского излучения изменяются в зависимости от солнечной активности, что влияет на плотность электронов и соответствующие электромагнитные характеристики ионосферы. Также важную роль играют космические лучи — поток высокоэнергетических заряженных частиц, поступающих из межзвёздного пространства. В нижней ионосфере атмосферные грозовые разряды играют важную роль в формировании электромагнитного поля. Молнии создают широкий диапазон излучения — от радиоволн низких частот до оптического спектра, что приводит к появлению так называемых «шумов» в системе Земля–ионосфера. Важным фактором является взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли, которое вызывает токи в ионосфере и формирует токовые системы, в том числе экваториальный электроджет. В современных реалиях техногенные источники, такие как мощные радиопередатчики, спутниковые системы связи и испытания высокочастотных генераторов, становятся всё более важными. Эти элементы взаимосвязаны и создают динамическую систему, которая изменяется во времени и пространстве в зависимости от космических условий и геофизических факторов.

Без наличия ионосферы человечество лишилось бы возможности осуществлять свободную и достаточно качественную связь в масштабах всей Земли, так как связь была бы только на длинных радиоволнах, способных вследствие дифракции [1] огибать сферическую поверхность Земли, но к сожалению не способных из-за большой длины волны передавать качественно звук и изображение. В случае связи на коротких электромагнитных волнах с относительно малыми длинами волны возникает отражение этих волн от границ слоев ионосферы с разной проводимостью [2]. Это давало возможность передавать звук на большие расстояния в пределах Земли за счет многократного отражения электромагнитных волн в коротком диапазоне. Такая связь зависела от состояния слоев ионосферы и в случае магнитных возмущений, вызванных взаимодействием потока заряженных частиц, летящих от Солнца, с магнитным полем Земли, стабильность связи могла нарушаться. Кроме того, электромагнитные волны ультракороткого диапазона могут рефрагировать внутри тропосферы за счет изменения плотности воздуха, не выходя в ионосферу [3,4].

Разумеется, в наше время связь, например мобильная, реализуется с помощью системы движущихся с одинаковой скоростью спутников связи на низких орбитах, поэтому влияние глобальных магнитных возмущений здесь сведено к допустимому минимуму. Передача звука и изображения во второй половине 20 века в пределах одной страны реализовывалась с помощью системы телебашен, обеспечивающих передачу сигналов между двумя соседними телебашнями по прямой в ультракоротком (метровом) диапазоне электромагнитных волн. Здесь электромагнитные волны распространялись над плоской поверхностью земли на относительно небольшие расстояния [5]. Это обеспечивало удовлетворительное качество даже цветного телевизионного изображения. Здесь также магнитные бури не оказывали существенного влияния на качество изображения и звука.

Однако мощные магнитные бури могут повлиять на стабильность функционирования глобальных навигационных спутниковых систем, таких как GPS и ГЛОНАСС, так как спутники, обеспечивающие их работу, находятся на высоте около 20000 км от поверхности Земли, то есть, сигнал к спутнику от поверхности и к поверхности от спутника идет через всю ионосферу. В момент солнечных вспышек на освещенной солнцем земной поверхности сильно возрастает интенсивность рентгеновского излучения, увеличивающая ионизацию области D, что приводит к увеличению поглощения радиоволн, а иногда даже к полному прекращению радиосвязи, — так называемое внезапное ионосферное возмущение (эффект Делинджера) [6], который может длиться до 1 часа. Не останавливаясь на уже решенных технических проблемах этих спутниковых навигационных систем, заметим, что в последнем случае может потребоваться временная замена спутникового навигатора наземной системой. В сельском хозяйстве при работе беспилотного комбайна или трактора, например разбрасывающего минеральные удобрения [7], такой системой может служить система трех фазовых электромагнитных радиодальномеров, интегрированных со спутниковой навигационной системой. При остановке спутникового навигатора, например вследствие эффекта Делинджера, автоматически включаются фазовые радиодальномеры [8] на трех передающих станциях и ретрансляторы с компьютерами на беспилотных агрегатах и управление начинают осуществлять компьютеры.

С развитием спутниковых технологий космические миссии, такие как европейский проект SWARM, стали более распространёнными и предназначены для изучения магнитного поля и токов в ионосфере. Глобальные сети наблюдений GNSS вносят значительный вклад в исследования, позволяя отслеживать изменения задержек сигналов и создавать карты распределения электронной плотности в реальном времени. Также важно компьютерное моделирование, где с помощью суперкомпьютеров разрабатываются трёхмерные динамические модели ионосферы и магнитосферы. В последние годы активно развиваются методы дистанционного зондирования, использующие лазерные и радиооптические системы, что позволяет получать глобальные данные о состоянии ионосферы. Ионосфера играет ключевую роль в системе «Земля–космос», определяя условия для распространения электромагнитных волн и взаимодействие геофизических процессов. Исследования в этой области не только углубляют наши знания о структуре и динамике атмосферы, но и способствуют повышению надёжности систем связи, навигации и прогнозирования космической погоды. В будущем ожидается расширение международного сотрудничества и внедрение новых технологий наблюдения.

Список литературы

1. Фок В.А. Проблемы дифракции и распространения электромагнитных волн. М., «Советское радио», 1970.- 520 с.
2. Макаров Г. И., Новиков В. В., Рыбачек С. Т. Распространение радиоволн в волноводном канале Земля-ионосфера и в ионосфере. М., 1994.- 240 с.
3. Макаров Г. И., Тихомиров Н. П. О тропосферной рефракции радиоволн / Пробл. дифр. и распростран. волн. 1970.- Вып. 10. - С. 117-130.

4. Матюгов С.С., Рефракция радиоволн на затменных трассах спутник—спутник как характеристика состояния атмосферы /О.И.Яковлев, А. Г.Павельев, А.А.Павельев, В.А.Ануфриев/Известия вузов. Радиофизика-2017. - Том LX. - № 5.
5. Макаров Г. И., Новиков В. В., Рыбачек С. Т. Распространение электромагнитных волн над земной поверхностью. М., 1991. -196 с.
6. Хуторова О.Г. Зондирование атмосферы и ионосферы радиосигналами спутниковых навигационных систем. Учебное пособие. Каз.федер.ун-т. – Казань, 2011. – 117 с.
7. Таныгин О.Ф. Теоретическое исследование движения частиц минерального удобрения под воздействием шнекового разбрасывателя/ В.Н.Трубников, И.В.Коротков, И.Ю.Ветров. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 3 (101).- С. 28-33.
8. Генике А. А., Ларин Б. А., Назаров В. М. Геодезические фазовые дальнометры. М., «Недра», 1974.- 248 с.

МИХАЛЕВ ОЛЕГ НИКОЛАЕВИЧ, к.т.н.

г. Москва, Россия
(e-mail: mih_tm@mail.ru)

ЯНЮШКИН АНДРЕЙ РОМАНОВИЧ, аспирант

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,
г. Чебоксары, Россия
(e-mail: andreyyanyushkin@gmail.com)

ВЫЧИСЛЕНИЯ НАД МНОЖЕСТВАМИ ДАННЫХ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

Большие данные сегодня активно применяются во всех отраслях для решения сложных, творческих задач. В основе вычислений особое значение имеет теория множеств, позволяющая описывать и анализировать наборы данных и их отношения. С помощью чего возможно создавать алгоритмы для принятия оптимальных решений в условиях множества факторов и ограничений, а также учитывать неопределенность, что находит применение в проектировании сложных наукоемких объектов машиностроения и строительства.

Ключевые слова: проектирование, автоматизация проектирования, теория множеств, теория нечетких множеств, экспертные системы.

Современное развитие практически всех областей человеческой деятельности все больше связано с обработкой больших данных, которые часто представляют собой сложные, многомерные массивы информации. Для их эффективной обработки необходимо оперировать как отдельными элементами, так и целыми множествами данных, что является не только вопросом математики, логики, информатики, но также и онтологии, философии и многих других наук, особенно, когда рассматриваются вопросы бесконечности множеств.

Одним из применений вычислений над множествами данных является проектирование сложных объектов машиностроения, промышленного и гражданско-

го строительства, а также других областей [1]. Конструкторы проектируют изделие, исходя из множества различной информации, однако расчетчики предъявляют к конструкции изделия множество своих требований, а технологи и многие другие специалисты - множество своих. Так при удовлетворении каждого требования конструкция претерпевает различные изменения. И только в области пересечения множеств требований всех специалистов находится эффективная конструкция изделия [2]. Нахождение подобных решений является актуальной задачей, требующей математического подхода.

Основоположником теории множеств (ТМ) является немецкий математик, Георг Кантор, его работы в 1870-х годах положили начало данной теории и существенно повлияли на дальнейшее развитие математики.

Математически множество может содержать различные элементы данных, однако желательно группировать их одного типа в целях осуществления программирования. Для описания бесконечных множеств используются предикаты $A = \{x: P(x)\}$, т. е. все x , для которых предикат $P(x)$ истинное значение, например, $A = \{x: x - \text{четные натуральные числа}\} = \{2, 4, 6, \dots\}$. Множество может быть подмножеством другого более большого множества, например множество A является подмножеством $\mathbb{Z} = \{0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots\}$ - множества целых чисел, т.е. $A \subset \mathbb{Z}$. Множество A является подмножеством $\mathbb{Z}$, если каждый его элемент является элементом $\mathbb{Z}$. Также множества могут быть равными, если каждое из них содержится в другом, т. е. состоят из одних и тех же элементов.

Над множествами можно проводить различные операции, например, объединение $A \cup B = \{x: x \in A \text{ или } x \in B\}$, где новое множество состоит из тех элементов, которые принадлежат или множеству A , или B , или обоим сразу. Подобные операции наглядно можно представить в виде знаменитых диаграмм Венна, представляющих собой круги, которые могут пересекаться. При операции пересечения $A \cap B = \{x: x \in A \text{ и } x \in B\}$ элементы принадлежат как множеству A , так и множеству B . Дополнение множества B до множества $A - A \setminus B = \{x: x \in A \text{ и } x \notin B\}$ образует множество, состоящее из всех элементов множества A , которые не принадлежат B . Множество может содержать несколько подмножеств, такое множество U называют универсальным множеством, на графике Венна его можно обозначать с помощью прямоугольника, в котором находятся множества в виде кругов. Операция дополнения подмножества A до универсального множества U , т. е. $U \setminus A$, обозначают $\bar{A} = \{x: \text{не } (x \in A)\} \Leftrightarrow \bar{A} = \{x: x \notin A\}$, и называют дополнение множества A . Симметрическая разность двух множеств A и B называется множеством $A \Delta B = \{x: (x \in A \text{ и } x \notin B) \text{ или } (x \in B \text{ и } x \notin A)\}$, которое состоит из всех тех и только тех элементов универсального множества, которые или принадлежат A и не принадлежат B , либо наоборот, принадлежат B , но не A . Т.е. элементы лежат либо в A , либо в B , но не одновременно.

С помощью данных операций можно более легко оперировать множествами, выводить свойства, создавать новые теории и решать различные задачи. Среди основных свойств множеств, составляющих алгебру множеств, можно выделить: законы ассоциативности, коммутативности, тождества, идемпотентности, дистрибутивности, дополнения, де Моргана.

Распространенной задачей при обработке данных является подсчет количества элементов множеств, особенно, когда вычислительные ресурсы ограничены и необходимо знать сколько операций будет выполнено при расчете какого-либо алгоритма. Число элементов конечного множества A называется мощностью и обозначается $|A|$. Для вычисления мощности объединения двух множеств используют формулу включений и исключений $|A \cup B| = |A| + |B| - |A \cap B|$. А используя индукцию, данную теорему можно обобщить на любое число конечных множеств. Порядок элементов в множествах значения не имеет, однако, иногда бывает необходимость работы и с упорядоченными наборами. Упорядоченная пара (a, b) , где a – элемент некоторого множества A , b – элемент множества B . Множество всех таких упорядоченных пар называется декартовым или прямым произведением множеств A и B , обозначается как $A \times B = \{(a, b) : a \in A \text{ и } b \in B\}$. Элементы $A \times B$ называются упорядоченными парами. Прямое произведение множеств имеет особое значение в понятиях отношения и функции. Пример прямого произведения множества $\mathbb{R}$ вещественных чисел на само себя, т. е. $\mathbb{R} \times \mathbb{R}$ или $\mathbb{R}^2$ состоит из всех вещественных чисел (x, y) , что визуально можно представить в виде координат точек на плоскости, данное множество называется декартовой плоскостью.

Частым случаем во множествах является использование битовых строк, состоящих из 0 и 1, а также характеристических векторов a множества A . Строка бит применяется для моделирования операций на конечных множествах. Например, пусть $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$. Если $A \subset S$, то ему будет соответствовать n -битная строка $(b_1, b_2, \dots, b_n)$, где $b_i = 1$, если $s_i \in A$ и $b_i = 0$ в противном случае. Такая строка бит называется характеристическим вектором подмножества A . Так можно имитировать операции на множествах и логическими операциями.

Т.к. операции над множествами аналогичны логическим операциям, соответственно, используя данную алгебру множеств можно выстраивать экспертные системы. Например, в базе знаний имеются сведения о родословной семьи, с указанием родителей и их детей. С помощью логических операций можно быстро получить ответ на запрос, кто является дедушкой или прабабушкой того или иного человека, хотя явно это в базе знаний не указано. Это будет выявлено, производя последовательность различных операций над множествами. Здесь становится более явным вопрос отношений между элементами упорядоченных множеств. Аналогично, как в родословной между двумя людьми есть отношение, например, отец, бабушка и т. д., также и в математических упорядоченных парах прямого произведения $A \times B$ также есть пары, между компонентами которых есть какие-то «родственные» отношения, которых нет у других. Например, студенты могут быть из разных групп и факультетов, но проходить один и тот же предмет, соответственно у них есть определенное «родство» или отношение, т. е. они относятся к «изучающим данный предмет». В математике для строгого описания связей между элементами двух множеств используется бинарное отношение. Бинарные отношения между множествами A и B называются подмножеством R прямого произведения $A \times B$. Когда $A = B$, то называют отношение R на множестве A . Для перечисления упорядоченных пар, принадле-

жащих данному отношению, используют ориентированный граф (орграф), матрицы или таблицы. Бинарное отношение также может быть описано на словах, предикатами, или как множество упорядоченных пар. Отношения могут обладать некоторыми свойствами, например: рефлексивность, антирефлексивность, симметричность, антисимметричность, кососимметричность, транзитивность.

Рефлексивное, симметричное и транзитивное бинарное отношение на множестве A называется отношением эквивалентности. В некотором смысле обобщает понятие равенства. Эквивалентные элементы обычно обладают какими-то общими признаками. Например, «имеют те же углы» на множестве треугольников, т. е. эквивалентные треугольники подобны. Отношение «имеют одинаковый возраст» на множестве людей, говорит, что люди из одной возрастной группы эквивалентны. Таким образом можно разбить или классифицировать элементы множеств на разные блоки.

Рефлексивное, транзитивное, но кососимметричное отношение R на множестве A называется частичным порядком. Это находит применение, когда надо учитывать старшинство, т. е. при каких условиях элемент превосходит другой. Множества с частичным порядком называют частично упорядоченными множествами.

Это находит применение в реляционных базах данных, где строки таблицы $A_1, A_2, \dots, A_n$ представляются подмножествами в прямом произведении $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$. Вся таблица это n -арное отношение. Ввод новых данных в таблицу, извлечение данных, фильтрация данных это все операции над множествами.

Для описания процессов, при которых элементы множества отображают элементы другого множества используют функции. Функцией из множества A в множество B называется бинарное отношение, при котором каждому элементу множества A соответствует единственный элемент множества B . Можно записать как $f: A \rightarrow B$, где видно, что функция f отображает элементы x множества A в элементы y множества B . Множество A принято называть областью определения, а B – областью значений функции f , т.е. $y = f(x)$. Подмножества элементов, в которые переводятся элементы из A функцией f называют образом или множеством значений функции. Функции обладают рядом свойств: инъективность, сюръективность, биективность. Также функция может быть обратной, т. е. если построить обратное отношение f^{-1} и снова получится функция, то исходная функция называется обратимой и записывается, как $f^{-1}: B \rightarrow A$. Функция f обратима тогда и только тогда, когда она биективна. Наибольшую пользу предоставляют композиции функций, позволяющие строить более сложные функции из простых, и являющие фундаментом для доказательства теорем и решения более сложных задач.

Мощным доказательным методом в ТМ является принцип Дирихле. Если $f: A \rightarrow B$ функция, где A и B конечные множества, например, множество A состоит из n элементов: $a_1, a_2, \dots, a_n$. Принцип Дирихле гласит, что если $|A| > |B|$, то по крайней мере одно значение f встретится более одного раза. Т.е. найдется пара элементов a_i не равно a_j , для которых $f(a_i) = f(a_j)$ [3]. Данный принцип на простом

языке звучит как: нельзя рассадить 10 зайцев в 9 клеток так, чтобы в каждой клетке сидел один заяц. Это дает возможность решать различные задачи, например, можно оценить, что в группе из 15 людей найдутся по крайней мере двое, у которых день рождения в одном месяце. Учитывая, что в году 12 месяцев, это очевидно, однако на практике бывают более сложные задачи на более больших множествах и к нужным выводам можно прийти с помощью данного принципа.

Основополагающими понятиями для современной математики являются аксиомы Цермело-Френкеля (ZF, Zermelo-Fraenkel Set Theory), а также система Цермело-Френкеля с добавлением аксиомы выбора (ZFC, Zermelo—Fraenkel set theory with the axiom of Choice), являющимися стандартом или фундаментом в математике для определения различных понятий и построения различных теорий.

Развитием ТМ стала теория нечетких множеств (ТНМ), которая сегодня находит широкое применение при решении сложных задач. Она позволяет работать с нечеткими, расплывчатыми данными, когда нет точных числовых значений. В связи с чем данная теория может применяться в условиях неопределенности. Особое значение это находит в создании экспертных систем, имитирующих рассуждения людей и помогающих принимать наиболее верные решения, что актуально в таких сложных сферах деятельности, как управление, экономика, медицина, безопасность, машиностроение, строительство и многие другие, в том числе проектирование сложных, наукоемких видов техники и объектов, где присутствуют условия неопределенности [4, 5, 6]. Для учета неопределенности также применяют и другие подходы, например методы Монте-Карло [7].

Одной из главных польз ТМ является создание определенного языка, с помощью которого можно описывать различные явления, процессы и т.д. В инженерных науках, в частности в проектировании, с его помощью можно описывать сложные системы; формализовать отношения между различными элементами системы, например, между деталями механизма; создавать множества из различных режимов работы, состояний системы и других параметров. Например, в двигателестроении можно определить множества всех возможных комбинаций параметров двигателя — температура, давление, скорость, геометрические размеры и другие параметры. Среди них можно найти такие подмножества, которые будут обеспечивать оптимальную работу двигателя и высокие эксплуатационные характеристики. Так можно создавать более прогрессивные двигатели и эффективно их эксплуатировать. Кроме того, можно сравнивать различные решения на основе целевых функций (расход топлива, мощность, выбросы и т.д.) в условиях множества факторов и ограничений, и выбирать наилучший вариант, подтверждая это математически. Оценивая различные множества, можно предсказывать поведение сложных систем, находить узкие места, оптимальные решения и улучшать конструкцию машин.

Особое значение имеет множество Парето, представляющий набор решений, в которых невозможно улучшить одну характеристику без ухудшения другой.

Например, в задачах проектирования самолета не всегда возможно улучшить все его характеристики по снижению веса, расхода топлива, стоимости, а также по повышению скорости, дальности полетов, грузоподъемности, маневренности и др. Улучшение одной характеристики влечет ухудшение другой. Множество Парето помогает выбрать наилучшие компромиссные варианты конструкции [8].

В современной науке Больших данных теория множеств находит применение в создании алгоритмов искусственного интеллекта и нейронных сетей. Например, с помощью операций ТМ можно эффективно отделять «семя от плевел» в данных, которые практически всегда являются зашумленными. Современные модели на основе машинного обучения, особенно генеративные модели, позволяют автоматизировать решения более сложных, творческих задач, в том числе проектирования передовых изделий [9]. Однако, для построения подобных моделей необходимо решать и многие другие задачи, например по снижению размерности данных с помощью сингулярного разложения, метода главных компонент, а также по анализу временных рядов, и проведению других операций над данными [10].

Выводы

Оперирование множествами различных данных помогает находить уникальные решения сложных, многофакторных и слабо формализованных задач. Что находит применение в создании экспертных и других автоматизированных систем в различных сферах — экономике, медицине, промышленности и др. В техническом проектировании это позволяет оценивать варианты конструкций и находить лучшие конструкторские решения, а также решать множество других проектных задач. Так возможно совершенствовать и создавать сложные машины и строительные объекты нового поколения.

Список литературы

1. Смышляев А.А. Проектирование технических объектов АПК на основе теории нечетких множеств // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Материалы всероссийской научно-практической конференции. В 4-х томах. Том 2. — Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2022. — С. 253-258. — DOI 10.22450/9785964205470_2_35.
2. Боргест Н.М. Понятие "множество" в теории и практике проектирования // Онтология проектирования. — 2023. — Т. 13, № 3(49). — С. 306-332. — DOI 10.18287/2223-9537-2023-13-3-306-332.
3. Хаггарти Р. Дискретная математика для программистов. Издание 2-е, исправленное. Москва: Техносфера, 2012. — 400 с., ISBN 978-5-94836-303-5.
4. Сысоева А.А. Теория нечетких множеств как реактивная инновация в расчете коммерческой эффективности инвестиционного проекта // Прикладные статистические исследования и бизнес-аналитика: сборник материалов II Международной научной конференции. Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2016. — С. 21-24.
5. Лапидус А.А., Макаров А.Н. Теория нечетких множеств на этапах моделирования организации строительных процессов возведения многоквартирных зданий // Промышленное и гражданское строительство. — 2016. — № 6. — С. 66-71.
6. Смышляев А.А., Оробинский В.И. Использование элементов нечеткого моделирования при проектировании технических объектов в сельском хозяйстве // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции, Воронеж: Воронежский ГАУ им. Императора Петра I, 2022. — С. 207-211.

7. Михалев О.Н., Янюшкин А.Р. Методы Монте-Карло в машиностроении и автоматизации разработки передовых машин // Технологии и техника: пути инновационного развития: Сборник научных статей 3-й МНТК, Воронеж: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 177-182.
8. Ильин В.Н., Лепехин А.Н. Исследование способов построения множеств равноценных альтернатив при проектировании радиоэлектронных устройств летательных аппаратов // Труды МАИ. – 2013. – № 71. – С. 35.
9. Михалев О.Н., Янюшкин А.Р. Автоматизация проектных расчетов при разработке передовых машин // Современные машиностроительные системы, технологии и инновации: Сборник научных статей МНТК, Воронеж: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 203-207.
10. Михалев О.Н., Янюшкин А.С., Янюшкин А.Р. Совершенствование расчетов машин с применением прогрессивных математических моделей // Машиностроительные технологические системы: материалы МНТК. ДГТУ. Ростов-на-Дону, 2025.

ПАВЛОВА ВИКТОРИЯ ИЛЬНИЧНА, магистрант

Научный руководитель –

БУРХАНОВА ЮЛИЯ НИКОЛАЕВНА, к.п.н., доцент

Набережночелнинский государственный педагогический университет,
г. Набережные Челны, Россия
(e-mail: ulin2703@mail.ru)

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА

Статья посвящена методологии построения цифрового двойника для агропромышленного комплекса. Обоснована архитектура на основе пяти фундаментальных принципов: виртуализации, синхронизации, моделирования, прогнозирования и оптимизации. Эти принципы формируют замкнутый итерационный цикл, трансформирующий данные в управляющие воздействия. Реализация данной концепции позволяет перейти от реактивного мониторинга к проактивному оптимизированному управлению агробизнесом.

Ключевые слова: цифровой двойник, агропромышленный комплекс, управление данными, прогнозное моделирование, проактивное управление, оптимизация бизнес-процессов.

Цифровая трансформация агропромышленного комплекса выходит далеко за рамки простой автоматизации, открывая эру управляемых данными интеллектуальных систем. Именно цифровые двойники являются ядром таких систем, превращая разрозненные данные в целостную информационную модель для поддержки принятия решений [4]. Таким образом, цифровой двойник выступает как центральный информационный ресурс, аккумулирующий всю знания о физическом объекте. Этот ресурс становится стратегическим активом предприятия, обеспечивая основу для глубокого анализа и долгосрочного планирования [3]. В основе этой трансформации лежит концепция цифрового двойника — динамической виртуальной копии физического объекта или процесса, которая

не просто отражает его состояние, но и позволяет прогнозировать поведение и оптимизировать управление. Модель цифрового двойника описывает непрерывный жизненный цикл данных — от их сбора сенсорами на поле до формирования аналитических отчетов для руководства, а также реализует обратную связь в виде передачи управляющих воздействий от цифровой модели к физическим объектам.

Успешная реализация этой концепции в агропромышленном комплексе требует системного подхода, основанного на четких принципах. Именно их совместное и последовательное применение трансформирует сырые данные в конкретные управляющие воздействия, обеспечивая функциональную полноту и практическую ценность цифрового двойника для современного агробизнеса.

Реализация концепции цифрового двойника в агропромышленном комплексе базируется на пяти фундаментальных принципах, обеспечивающих его функциональную полноту и практическую ценность. Эти принципы образуют итерационный цикл управления, трансформирующий данные в управляющие воздействия. К принципу виртуализации функционирования ЦД относится создание цифровых копий объектов. Принцип синхронизации отвечает за обновление данных в реальном времени или near-real-time. Принцип моделирования отвечает за проведение экспериментов на цифровой модели без риска для физических активов. Принцип прогнозирования — это предсказание будущих состояний (урожайность, спрос, поломки). Согласно принципу, оптимизация необходимо осуществлять поиск наилучших управленческих решений.

Принцип виртуализации предполагает создание формализованных цифровых представлений (digital shadows) для каждого значимого объекта физической реальности кластера. Виртуализация осуществляется через декомпозицию системы на иерархические элементы: от технологических единиц (отдельное поле, единица сельхозтехники, резервуар для хранения) до агрегированных бизнес-единиц (производственный кластер, логистический хаб). Для каждого объекта формируется структурированный цифровой профиль, включающий статические атрибуты (агрохимические характеристики поля, технические паспорта оборудования, мощности перерабатывающих цехов) и динамические параметры, обновляемые в ходе мониторинга. Ключевой задачей на данном этапе является обеспечение онтологического единства цифровых копий, что предполагает разработку единой системы метаданных и семантической модели предметной области, исключающей неоднозначность интерпретации данных.

Принцип синхронизации обеспечивает актуальность цифровых репрезентаций, устанавливая детерминированные временные интервалы и триггеры для обмена данными между физическими объектами и их виртуальными двойниками. В зависимости от критичности процесса, применяются режимы обновления, близкие к реальному времени (real-time, для контроля условий хранения скоропортящейся продукции или параметров технологических процессов), и периодический режим (near-real-time, для мониторинга состояния посевов или позиционирования транспорта). Синхронизация требует реализации надежных протоколов передачи данных (например, MQTT, OPC UA) и механизмов обработки

временных меток (timestamping) для обеспечения консистентности данных и корректного анализа временных рядов, являющихся основой для последующего моделирования и прогнозирования.

Принцип моделирования составляет аналитическое ядро цифрового двойника, позволяя проводить валидацию управленческих решений в виртуальной среде без риска для материальных активов. Реализация данного принципа подразумевает разработку комплекса взаимосвязанных моделей:

- детерминированные модели, основанные на физико-химических законах (например, модели роста растений на основе уравнений Фитча-Холси, модели теплообмена в хранилищах);
- статистические и имитационные модели (например, дискретно-событийное моделирование логистических цепочек для оценки пропускной способности элеваторов);
- модели, управляемые данными, строящиеся исключительно на исторических данных. Проведение «цифровых экспериментов» (анализ «Что – если») позволяет оценить отклик системы на различные управляющие воздействия, выявить узкие места и минимизировать операционные риски.

Принцип прогнозирования проецирует текущее состояние системы на будущие временные срезы, переводя цифрового двойника из диагностического в проактивный режим работы. Прогнозирование реализуется с применением методов машинного обучения и искусственного интеллекта, например, для прогноза урожайности используются алгоритмы регрессии, обученные на многолетних агрометеорологических данных и данных дистанционного зондирования Земли; для предсказания отказов оборудования (предиктивное обслуживание) применяются методы классификации и анализ временных рядов для выявления аномалий в вибрационных и температурных показателях; прогнозирование спроса осуществляется с помощью рекуррентных нейронных сетей (RNN, LSTM), анализирующих сезонность, рыночные тренды и макроэкономические индикаторы. Точность прогнозов напрямую определяет эффективность последующей оптимизации.

Принцип оптимизации завершает управленческий цикл, заключааясь в поиске экстремума целевой функции (максимизация прибыли, минимизация затрат или потерь) при заданной системе ограничений (ресурсных, временных, технологических). На основе результатов моделирования и прогнозирования, система генерирует оптимальные или квазиоптимальные управленческие решения. Это может быть:

- решение задачи линейного программирования для оптимизации рациона кормления в животноводстве;
- применение генетических алгоритмов или методов роя частиц для планирования маршрутов сельхозтехники и логистического транспорта;
- использование методов многокритериальной оптимизации для формирования портфеля заказов перерабатывающего предприятия с учетом прогноза урожайности, емкости рынка и маржинальности.

Сгенерированные рекомендации передаются на уровень исполнения, замыкая петлю обратной связи и обеспечивая непрерывное улучшение операционной деятельности агропромышленного кластера.

Таким образом, представленная архитектура цифрового двойника, базирующаяся на пяти ключевых принципах, формирует замкнутый, самообучающийся контур управления агропромышленным кластером. От виртуализации, создающей онтологически единое цифровое пространство, и синхронизации, наполняющей его актуальными данными, система переходит к ядру аналитики — моделированию и прогнозированию. Завершает этот цикл оптимизация, трансформирующая аналитические инсайты в конкретные, экономически обоснованные управляющие решения.

Итогом функционирования такого цифрового двойника является переход от реактивного к проактивному управлению. Система перестает быть просто системой мониторинга; она становится инструментом стратегического планирования, позволяя не только фиксировать текущее состояние, но и предсказывать будущие сценарии, оценивать риски и выбирать оптимальные пути развития. Непрерывная циркуляция данных по схеме создает основу для устойчивого повышения эффективности, ресурсосбережения и конкурентоспособности агропромышленного комплекса в условиях цифровой экономики.

Список литературы

1. Абдуллина, Э. И. Управление технологиями Smart city на муниципальном уровне / Э. И. Абдуллина, Г. Р. Гумерова. – Курск : Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2023. – 115 с. – ISBN 978-5-907710-12-2. – DOI 10.47581/2023/Abdullina-Gumerova.01. – EDN FRYOSH.
2. Внедрение цифровых двойников как одно из ключевых направлений цифровизации производства / Курганова, Н.В., Филин, М.А., Черняев, Д.С., Шаклеин, А.Г., Намиот, Д.Е. // International Journal of Open Information Technologies (Компьютерные и информационные науки), 2019. – Vol.7, no 5, – С. 105-107.
3. Гумерова, Г. Р. Информационные ресурсы: теория и практика управления / Г. Р. Гумерова // Актуальные проблемы экономики и права. – 2010. – № 4. – С. 178-182. – EDN MWOQJV.
4. Мансурова, Т. Г. Интеллектуальные системы как инструмент управления умным городом / Т. Г. Мансурова, Г. Р. Гумерова, К. Р. Лигеева // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 2(139). – С. 490-494. – DOI 10.34925/EIP.2022.139.2.089. – EDN FRYPSM.
5. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса / Кокорев, Д.С. // Colloquium-journal TECHNICAL SCIENCE), 2019. – №10(34). – С. 31-35.

ПАШКОВА МАРИНА ИВАНОВНА, к. с.-х. наук, доцент
ПЕТРИЩЕВ ДМИТРИЙ ВИТАЛЬЕВИЧ, магистр
 Курский государственный аграрный университет
 имени И.И. Иванова, г. Курск, Россия
 (e-mail: marina010104@yandex.ru, petr1ner@yandex.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ УЗЛОВ СЕЛЬХОЗМАШИН

В статье рассматривается применение методов теории вероятностей и математической статистики для перехода от планового и аварийного обслуживания сельхозтехники к прогнозному. Анализируются вероятностные модели, позволяющие оценить вероятность выхода узлов из строя, что позволяет оптимизировать ремонты, сократить простои и максимально использовать ресурс оборудования, повышая общую эффективность агропредприятия.

Ключевые слова: теория вероятностей, математическая статистика, прогнозное обслуживание, надежность сельхозмашин, распределение Вейбулла, наработка на отказ, вероятность отказа, техническое обслуживание, сельскохозяйственная техника.

Современное сельское хозяйство — это высокотехнологичная отрасль, где каждая минута простоя дорогостоящей техники, такой как комбайны, тракторы и посевные комплексы, ведет к прямым финансовым потерям и риску срыва сезонных работ. В условиях ограниченных временных окон, особенно во время уборочной кампании, надежность оборудования становится критически важной. Именно здесь на первый план выходят методы теории вероятностей и математической статистики, позволяющие перейти от реактивного обслуживания по факту поломки к проактивному — прогнозированию и предупреждению отказов.

Как прогнозирование меняет техническое обслуживание. Традиционная система технического обслуживания (ТО) часто строится по двум принципам: по графику (через определенное количество моточасов) или по факту поломки. Первый подход может привести к преждевременной замене еще исправных деталей, а второй — к незапланированным и катастрофическим простоям. Вероятностно-статистические методы лежат в основе третьего, наиболее эффективного подхода — прогнозного (predictive) ТО. [1]

Его суть заключается в том, что отказ узла рассматривается не как детерминированное событие, которое произойдет ровно через 1000 часов работы, а как случайное событие. Время наработки на отказ является случайной величиной. Задача инженеров — понять закон распределения этой случайной величины и, используя статистические данные, оценить ее параметры. Это позволяет рассчитать вероятность выхода узла из строя в любой конкретный интервал времени. [2]

Ключевые статистические и вероятностные модели. Для моделирования надежности узлов сельхозмашин применяется ряд вероятностных распределений, каждое из которых адекватно описывает определенный тип механизмов износа. Экспоненциальное распределение часто используется для описания внезапных отказов, не связанных с износом, например, выхода из строя электронных компонентов, и характеризуется постоянной интенсивностью отказов. Нормальное распределение может быть применимо для узлов, отказ которых наступает вследствие износа, когда большинство деталей выходит из строя near некоторого среднего значения наработки. Наиболее универсальным и широко применяемым является распределение Вейбулла, гибкость которого позволяет моделировать все этапы жизненного цикла изделия: период приработки, период нормальной эксплуатации и период старения. Аппроксимация данных о наработке на отказ с помощью этого распределения позволяет с высокой точностью прогнозировать наступление момента, когда интенсивность отказов начинает резко возрастать. Для построения этих моделей используются методы математической статистики, такие как построение статистических рядов, точечное и интервальное оценивание параметров, а также проверка статистических гипотез для определения адекватности выбранной модели реальным данным. [3]

Практическое применение в сельском хозяйстве. Рассмотрим практический пример прогнозирования выхода из строя подшипникового узла в роторе зернового комбайна.

1. Сбор данных.

Сервисная служба сельхозпредприятия собирает данные по 50 однотипным комбайнам: наработку в моточасах до момента замены подшипникового узла. Данные включают как случаи плановой замены, так и внезапные отказы.

2. Анализ и моделирование.

Статистик обрабатывает массив данных. Строится гистограмма, которая показывает, что отказы концентрируются вокруг значения в 1200 моточасов, но есть разброс от 800 до 1500 часов. Проверка гипотез показывает, что данные наилучшим образом описываются распределением Вейбулла. Расчетными методами определяются параметры этого распределения. [4]

3. Прогнозирование и принятие решений.

На основе полученной модели рассчитывается, например, что:

- Вероятность отказа узла до 1000 часов работы составляет 10%.
- Вероятность отказа в интервале между 1000 и 1300 часами составляет 70%.
- Вероятность безотказной работы до 1300 часов падает ниже 15%.

Имея на руках такую информацию, руководство хозяйства и сервисные инженеры могут принять обоснованное решение: не проводить дорогостоящую замену узлов на 800 часах (так как риск мал), но запланировать их обязательную замену в период с 1000 по 1100 моточасов. Это позволяет избежать внезапного выхода из строя в разгар уборки, снизить расходы, используя ресурс детали почти на 100%, заказать запчасти и спланировать работу механиков заранее, минимизируя простои.

Интеграция с современными технологиями. Сегодня эти методы получают новое дыхание благодаря технологиям "точного земледелия" и "Индустрии 4.0". Датчики вибрации, температуры и давления, установленные на узлах сельхозмашин, в режиме реального времени передают данные. Статистические алгоритмы, работающие в облачных сервисах, непрерывно анализируют эти потоки данных, сравнивая текущие показатели с референтными моделями. Это позволяет выявлять не только явные, но и зарождающиеся дефекты, предсказывая отказ еще до того, как он станет очевидным для оператора. [5]

Таким образом, применение теории вероятностей и математической статистики трансформирует управление парком сельхозтехники из искусства в точную науку. Оно позволяет перейти от субъективных оценок к объективным, количественным прогнозам. Это не только повышает общую надежность и готовность техники, но и ведет к значительной экономии ресурсов, оптимизации логистики запчастей и, в конечном счете, к увеличению рентабельности сельскохозяйственного производства. В эпоху растущих требований к эффективности агробизнеса, основанный на данных прогнозный подход становится не просто конкурентным преимуществом, а необходимостью.

Список литературы

1. Лохвицкий, М. С. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие / М. С. Лохвицкий, И. С. Синева, Е. А. Скородумова. — Москва: МТУСИ, 2025. — 148 с.
2. Малышева, Е. В. Математическое моделирование - один из современных методов программирования урожая сельскохозяйственных культур / Е. В. Малышева, К. И. Привало, М. И. Пашкова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2025. — № 1. — С. 13-19.
3. Метод имитационного моделирования экологического прогнозирования / С. Н. Волкова, Е. Е. Сивак, М. И. Пашкова [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2016. — № 9. — С. 171-174.
4. Модели формирования и использования человеческого капитала в условиях цифровизации сельского хозяйства: монография / О. В. Шумакова, Е. А. Астахова, Д. Р. Баетова [и др.]. — Омск: Омский ГАУ, 2023. — 284 с.
5. Соловьева, Ю. М. Теоретические основы цифровой экономики: учебное пособие / Ю. М. Соловьева. — Донецк: ДонНУЭТ имени Туган-Барановского, 2022. — 100 с.

ПЕТРУШИНА ВЕРА ВЛАДИМИРОВНА, канд. экон. наук, доцент
ПЕТРИЩЕВ ДМИТРИЙ ВИТАЛЬЕВИЧ, магистр
 Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова,
 г. Курск, Россия
 (e-mail: petrushina_vv@kursksau.ru, petr1ner@yandex.ru)

ERP-СИСТЕМЫ КАК СТРАТЕГИЯ ИНТЕГРАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ХОЛДИНГА

Статья посвящена анализу роли ERP-систем в управлении вертикально-интегрированными агрохолдингами. Рассматриваются ключевые преимущества внедрения: интеграция бизнес-процессов и повышение прозрачности данных от поля до прилавка. Особое внимание уделяется сложностям на этом пути, включая значительные инвестиции, сопротивление персонала и необходимость глубокой организационной трансформации для достижения стратегических выгод.

Ключевые слова: ERP-система, агропромышленный холдинг, вертикальная интеграция, прозрачность бизнес-процессов, цифровая трансформация, управление данными, сквозная аналитика, оптимизация планирования, организационные изменения.

В современном агропромышленном комплексе, особенно в условиях вертикально-интегрированных компаний, эффективное управление становится критическим фактором конкурентоспособности. Такие холдинги объединяют под одним контролем всю цепочку создания стоимости — от производства сырья и выращивания сельхозкультур до глубокой переработки, логистики и дистрибуции конечной продукции. Управление этой сложной, многозвенной структурой требует оперативного обмена данными и единого видения всех процессов. Именно здесь на первый план выходит стратегическая задача внедрения ERP-системы (Enterprise Resource Planning) — не просто как инструмента автоматизации, а как ключевого элемента интеграции и повышения прозрачности бизнеса.

Преимущества единой информационной системы для бизнеса. Ключевой стратегической выгодой внедрения ERP-системы является преодоление информационных разрывов между различными сегментами агрохолдинга. Когда данные о ходе полевых работ, состоянии посевов и расходе ресурсов оперативно поступают в единую систему, это позволяет перерабатывающему заводу точнее планировать свой график и объемы закупки сырья. В свою очередь, служба логистики и отдел продаж, видя актуальные данные о запасах готовой продукции, могут оптимизировать маршруты отгрузки и формировать отгрузочные документы без задержек. Финансовая служба получает возможность в режиме, близком к реальному времени, консолидировать информацию о затратах и доходах по всему холдингу, что радикально ускоряет подготовку управленческой отчетности и повышает ее достоверность. Это создает эффект синергии, при

котором каждое подразделение начинает работать не автономно, а как часть сложного механизма. Сквозная прослеживаемость становится реальностью, позволяя отследить происхождение сырья и все этапы его преобразования в конечный продукт, что критически важно для обеспечения качества и соответствия строгим стандартам сертификации. Происходит переход от реактивного управления, основанного на анализе вчерашних событий, к проактивному, когда руководство может моделировать сценарии, прогнозировать риски и принимать взвешенные решения на основе полной и актуальной картины. [1]

Создание единого информационного пространства через внедрение ERP-системы кардинально меняет принципы управления вертикально-интегрированным агрохолдингом. На смену фрагментарным данным из различных учетных систем приходит целостная картина, где информация от полевых подразделений, перерабатывающих заводов и дистрибьюторских сетей объединяется в реальном времени. Это позволяет не просто автоматизировать отдельные операции, а выстраивать сквозные технологические цепочки, где данные о состоянии посевов напрямую влияют на производственные планы переработки, а информация о запасах готовой продукции синхронизируется с логистическими маршрутами и отгрузочными графиками. Финансовый блок получает возможность формировать консолидированную отчетность без ручного сбора данных из разрозненных источников, что значительно повышает скорость и достоверность управленческой информации.

Ключевым преимуществом становится появление сквозной прослеживаемости всех процессов — от закупки семян до реализации конечной продукции. Это не только повышает операционную эффективность, но и создает основу для внедрения систем контроля качества и соответствия международным стандартам. Когда руководство видит полный цикл создания стоимости в реальном времени, появляется возможность перейти от реагирования на проблемы к их предупреждению через анализ тенденций и моделирование различных сценариев. Такая глубокая трансформация данных в стратегические знания позволяет оптимизировать использование ресурсов, снижать операционные издержки и в конечном итоге повышать устойчивость бизнеса в условиях изменчивой рыночной конъюнктуры. [2]

С какими трудностями сталкиваются при внедрении. Несмотря на очевидные преимущества, внедрение ERP-систем в агропромышленных холдингах сопряжено с рядом существенных сложностей, которые носят не только технические, но в первую очередь организационный характер.

1. Высокие первоначальные инвестиции и сложность выбора.

Лицензии, аппаратное обеспечение, услуги консультантов и внедренцев требуют многомиллионных, а часто и миллиардных вложений. Окупаемость проекта растягивается на годы. Кроме того, выбор неподходящей платформы, не учитывающей специфику агробизнеса (учет биологических активов, сезонность, работа в условиях слабого интернета в полевых условиях), может привести к провалу всего проекта. [3]

2. Сопротивление персонала и необходимость изменения процессов.

Одна из главных проблем — культурное сопротивление сотрудников, привыкших к старым, зачастую бумажным, методам работы. Внедрение ERP — это не просто установка программы, а глубокая реорганизация бизнес-процессов (Reengineering). Требуется масштабная работа по обучению и изменению менталитета сотрудников от агронома до топ-менеджера. [4]

3. Сложность интеграции и качество данных.

Внедрение в уже работающем холдинге требует интеграции с существующими системами учета, системами GPS-мониторинга техники, метеостанциями и т.д. Зачастую исходные данные в разных подразделениях разрознены, не стандартизированы и содержат ошибки. Попытка загрузить их в ERP по принципу «как есть» приводит к созданию «цифровой свалки», обесценивающей все преимущества системы. [5]

4. Длительные сроки и риск недостижения целей.

Проекты внедрения ERP-систем могут длиться от нескольких месяцев до нескольких лет. За это время может поменяться стратегия компании, рыночная конъюнктура или ключевые лица, принимающие решения. Существует риск, что к моменту запуска система уже частично устареет или не будет отвечать новым бизнес-требованиям.

Таким образом, внедрение ERP-системы в вертикально-интегрированной агропромышленной компании представляет собой глубокую стратегическую трансформацию, выходящую далеко за рамки ИТ-проекта. Это инвестиции в создание единого организма, способного действовать согласованно и прозрачно. Несомненные стратегические выгоды, такие как сквозная интеграция процессов, повышение управляемости и качества решений, сталкиваются с серьезными вызовами, связанными с высокими затратами, сопротивлением персонала и техническими сложностями. Успех этого начинания в конечном счете определяется не столько выбором технологической платформы, сколько наличием четкого стратегического видения, готовностью руководства к проведению организационных изменений и тщательным управлением самим процессом внедрения. Преодоление этих барьеров открывает перед агрохолдингом возможность выйти на новый уровень операционной эффективности и заложить прочный фундамент для устойчивого конкурентного преимущества в цифровую эпоху.

Список литературы

1. Жигалов, К. Ю. Информационное обеспечение систем управления ресурсами и взаимоотношениями предприятия : учебно-методическое пособие / К. Ю. Жигалов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 83 с. — ISBN 978-5-7339-2495-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/493538> (дата обращения: 13.09.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Стратегическое планирование как инструмент эффективного использования трудовых ресурсов организации / В. В. Петрушина, А. Л. Савицкая, О. В. Черных, С. Д. Петрушина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2025. — № 1. — С. 241-248. — EDN GUXONH.

3. Черных, О. В. Современные тенденции и проблемы аграрной политики в условиях интеграции и глобализации / О. В. Черных, С. И. Питютькова, В. В. Петрушина // Экономика России в условиях глобальных вызовов : материалы III Международной научно-

практической конференции, Курск, 02 декабря 2024 года. – Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2025. – С. 243-248. – EDN MPKKZV.

4. Кудряшов, А. А. Электронный бизнес : учебное пособие / А. А. Кудряшов. — Самара : ПГУТИ, 2020. — 212 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/255461> (дата обращения: 30.09.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Ташкинов, А. Г. Управление проектами и изменениями при цифровой трансформации предприятия : учебное пособие для вузов / А. Г. Ташкинов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 196 с. — ISBN 978-5-507-53387-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/485126> (дата обращения: 01.10.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

САЛТЫК ИВАН ПЕТРОВИЧ, д-р экон. наук, профессор, профессор
(e-mail: Saltyk46@rambler.ru)

КОНЕВА АНЖЕЛА НИКОЛАЕВНА, заведующая справочно-библиографическим сектором научной библиотеки
(e-mail: anzhela.koneva.76@mail.ru)
Курский ГАУ, г. Курск, Россия

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ ИОГАННА КАРЛА ФРИДРИХА ГАУССА

В данной статье изложены основные вехи научного творчества Иоганна Карла Фридриха Гаусса (1777-1855 гг.), немецкого физика, математика, астронома, механика и геодезиста. Его считают одним из величайших математиков всех времён, которому был присвоен титул «король математиков»).

Ключевые слова. «Король математиков», метод наименьших квадратов, квадратичный закон взаимности, догмат евклидовости пространства, теория капиллярности, теория системы линз, основы математической теории электромагнетизма, принцип наименьшего принуждения, разработка эллиптических функций, набросок теории кватернионов.

Современный обыватель с большим трудом может себе вообразить, какой объем вычислений и расчетов производил Гаусс, выполняя свою научную работу. Мы не должны забывать, размышляя об этом, что он мог пользоваться только логарифмическими и еще кое-какими таблицами. Логарифмические линейки и другие механические средства

тогда еще не были придуманы.

Первым крупным научным сочинением Гаусса стала его работа «Арифметические исследования», которая была опубликована в 1801 г. Она была посвящена **высшей алгебре и теории чисел**. Она была настолько фундаментальной, что



предопределила все дальнейшее развитие этих разделов математики. В этом научном труде учёным излагалась теория квадратичных вычетов, а также первое доказательство квадратичного закона взаимности.

Когда появилась электроника и на ее базе нового типа счетные устройства, этой области научных знаний стала отводиться еще большая роль в научных изысканиях [2].

Неотъемлемая часть научных исследований Гаусса - его работа с числами. Ученый нередко проводил обширные вычисления. Благодаря этому научному занятию у Гаусса нередко появлялись очередные толчки к последующим научным озарениям, превращавшимся впоследствии в открытия и догадки. Если их сравнить с вычислениями, которые делали другие ученые, его современники, то их у Гаусса, было больше, чем у любого другого известного математика.

Не только в молодом возрасте, но даже в последние годы своей жизни Гаусс занимался все новыми и новыми исследованиями. Одно из эффективных средств, которые использовал Гаусс, проводя в те годы практические расчеты, называют методом наименьших квадратов. Впервые Гаусс его стал использовать в своей научной деятельности в 1795 году. Особого значения своему научному открытию автор тогда не придал. При чем впоследствии Гауссу удалось обосновать этот метод несколькими способами, которые существенно разнятся между собой [1].

Гауссу принадлежат первые строгие, даже по современным критериям, доказательства основной теоремы алгебры. Он - первооткрыватель кольца целых комплексных чисел, которые впоследствии были названы его именем. Им также была создана теория делимости. Все это помогло ученым решить многие из накопившихся в алгебре в те годы проблем. Гаусс указал доселе неизвестную, а теперь знакомую всем геометрическую модель комплексных чисел [3].

Гаусс глубоко проник в свойства классической теории сравнений, им было открыто конечное поле вычетов по простому модулю. Много он также работал над исследованием эллиптических функций, однако по этой теме так ничего и не публиковал [1].

В геометрии Гаусс первым среди других ученых изучает внутренние геометрии поверхностей. Он из поверхностей, которую он охарактеризовал, впоследствии назовут гауссовой кривизной. Что характерно, эта поверхность не изменяется, когда ее изгибают. Так было заложено Гауссом новое научное направление, которое впоследствии послужит основой для римановой геометрии. А в 1827 году новое научное достижение: он публикует полную теорию поверхностей [4].

Много внимания Гаусс уделил дифференциальной геометрии. Благодаря его трудам получил сильный толчок для дальнейшего научного развития весь XIX век. Попутно он закладывает основы высшей геодезии – науки, которой раньше не было как таковой [3].

Гаусс первым (по имеющимся данным, примерно в 1818 году) заложил основы неевклидовой геометрии. Однако на протяжении всей своей жизни он ничего так и не опубликовал на эту тему. Не исключено, что он опасался быть не-

понятым. И в этом есть свой резон. Современные исследователи считают, что идеи, которые он развивал, вошли в противоречие с догматом евклидовости пространства. Тем не менее, в сохранившемся письме Гаусса к Лобачевскому ясно выражается солидарность с новой теорией. И в личных письмах, которые были опубликованы после смерти автора, Гаусс высказывает свое восхищение научными трудами этого ученого [3].

В 1817 году Гаусс пишет письмо астроному В. Ольберсу, в котором были такие строки: «Я прихожу всё более к убеждению, что необходимость нашей геометрии не может быть доказана, по крайней мере человеческим рассудком и для человеческого рассудка. Может быть, в другой жизни мы придём к взглядам на природу пространства, которые нам теперь недоступны. До сих пор геометрию приходится ставить не в один ранг с арифметикой, существующей чисто а priori, а скорее с механикой».

В математическом анализе Гаусс решает задачи математической физики, создает математическую теорию потенциала, продвигает вперед теорию специальных функций, рядов, численных методов [2].

Для того, чтобы минимизировать влияние ошибок, допущенных при измерениях, Гаусс использовал разработанный им метод наименьших квадратов. Его сейчас повсеместно применяют в статистике [3].

В физике Гаусс развивает теорию капиллярности, обосновывает теорию системы линз, подвел фундамент под математическую теорию электромагнетизма. Кроме того, им было введено в науку понятие потенциала электрического поля, а в 1845 году ему пришла в голову гениальная мысль о конечности скорости, с которой распространяются электромагнитные взаимодействия [2].

Кроме того, в математике и физике с именем Гаусса связан ряд понятий, утверждений и методов... И, думается, далеко не случайно нормальное распределение часто называют распределением Гаусса [2].

После смерти Гаусса в его бумагах нашли содержательные заметки по предмету, который позже получил название топологии. Причём им была предсказана фундаментальная значимость этого предмета.

Главным вкладом ученого в аналитическую механику стал разработанный им принцип наименьшего принуждения. Годы спустя этот принцип Гаусса обрёл ту завершённую форму, которая используется при его изложении в современных курсах теоретической механики [3].

Прижизненные научные труды Гаусса по теории чисел, а также труды, опубликованные посмертно, оказали большое влияние не только на развитие теории чисел в девятнадцатом веке, но оказывали свое «магическое воздействие» на современников и в первой половине двадцатого столетия.

Личная печать ученого изображала дерево, на котором было несколько плодов. Рисунок украшал девиз: «*Pausa sed matura*» (немного, но зрело). Ученые, изучавшие его архив сделали вывод, что Гаусс не спешил публиковать свои открытия, из-за чего некоторые из них успели переоткрыть другие математики.

Вот неполный перечень упущенных им приоритетов.

Неевклидова геометрия впервые была открыта Гауссом, но он не опубликовал полученные научные результаты. Поэтому она позже была переоткрыта Лобачевским и Бояи (Бойяи) [1].

Гаусс также далеко вырвался вперед, разрабатывая эллиптические функции, но публикация за его именем так и не появилась, а после того как исследования на эту тему опубликовали Якоби и Абель, надобность в ней отпала.

Дошла до современников написанная Гауссом рукопись, где содержался набросок теории кватернионов. 20 лет спустя после Гаусса она была независимо открыта Гамильтоном.

Гаусс также является первооткрывателем метода наименьших квадратов, позднее он был переоткрыт Лежандром.

Гаусс открывает Закон распределения простых чисел, но здесь его также опередила публикация Лежандра [3].

Подводя итог вышесказанному, можно отметить, что Иоганн Карл Фридрих Гаусс оставил заметный след в виде фундаментальных научных исследований почти во всех основных разделах математических наук. Как сказано в источнике [3], «В каждой области глубина проникновения в материал, смелость мысли и значительность результата были поражающими».

Список литературы

1. Бюлер В. Гаусс. Биографическое исследование: Пер. с англ. А.Л. Тоома / Под ред. С.Г. Гиндикина. Москва : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. 208 с.
2. Квадратичный вычет. – Текст электронный // Рувики: сайт. – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Квадратичный_вычет (дата обращения 3.09.2025).
3. Гаусс, Карл Фридрих. – Текст электронный // Википедия : сайт. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Гаусс,_Карл_Фридрих (дата обращения 3.04.2025).
4. Текст электронный // <https://scienceforum.ru/2015/article/2015008918> (дата обращения 3.04.2025).
4. Салтык И.П., Ибрагимов Р.М., Бродина М.О. Английский физик-теоретик, космолог и астрофизик Стивен Хокинг: борьба за жизнь длиной в 55 лет // В сб.: Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК : материалы II Международной научно-практической конференции, Курск, 26 мая 2022 года. Курск : Изд-во Курской ГСХА, 2022. С. 275-289.
5. Салтык И.П., Болохонцева Ю.И., Золотарева О.П. Жизнь и научная деятельность английского математика и религиозного деятеля Т. Байеса сквозь призму парадоксов в теории вероятностей // В сб.: Современная экономика: актуальные проблемы, задачи и траектории развития : материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции Курск, 10 июня 2021 года / Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск : Изд-во Курской ГСХА, 2021. С. 322-328.

СОКОЛОВА А.Л. ПАВЛОВНА, к.э.н., доцент

(e-mail: prof.sokolova@mail.ru)

ГАЛЕНКО ЛАДА АНДРЕЕВНА, студентка

(e-mail: ladagalenko0518@gmail.com)

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
г. Краснодар, Россия

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АПК КАК НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОТРАСЛИ

В статье рассматриваются вопросы внедрения цифровых технологий в деятельность аграрных предприятий и агропромышленного комплекса в целом. Определяется их ключевая роль в решении вопросов ускоренного развития отрасли, достижения целей и задач, определенных Правительством Российской Федерации. Раскрыты возможности предиктивной аналитики, последовательность ее использования. Определены барьеры цифрового развития аграрного сектора экономики

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, цифровые технологии, преактивная аналитика.

Аграрный бизнес можно отнести к наиболее уязвимым, сопряженным с высокими рисками, поскольку зависит от природных явлений и связан с биологическими формами растений и животных. В отличие от других видов хозяйственной деятельности в сельском хозяйстве нельзя заранее структурировать все бизнес-процессы, с высокой степенью точности запланировать периоды выполнения операций, количество ресурсов, а следовательно, уровень неопределенности достаточно высок.

Локальные особенности бизнеса в аграрных предприятиях, неблагоприятные природные факторы приводят к росту используемых ресурсов и возникновению различных проблем. Засуху или избыток влаги предсказать практически невозможно, а также последствия, которые они вызывают. Приходится немедленно принимать решения по их ликвидации. Вспышки болезней растений и животных, как правило, появляются неожиданно и не всегда легко определить их причины; при позднем обнаружении и неправильном обращении болезнь способна погубить значительную часть урожая, ухудшить состояние животных и птицы. Решения, которые приходится принимать руководителям аграрных предприятий в условиях недостатка информации, могут быть ошибочными и привести к потерям существенной части урожая и продукции животного происхождения – до 40 % [2]. Упростить процесс принятия решений, сократить потери продукции, оптимизировать процесс управления ресурсами позволяют информационные технологии.

Интеллектуальные IT-приложения позволяют собирать данные из различных источников, формировать единую информационную базу, проводить ее глубокий анализ в режиме реального времени [1]. Это создает революционный сдвиг

в процессе принятия решения: менеджер получает результаты анализа множественных факторов и обоснование для последующих действий. Верность и полезность полученной информации во многом определяется количеством установленных датчиков и сенсоров, объединенных в единую информационную систему.

Реальностью для аграрных предприятий стала предиктивная аналитика – выявление скрытых закономерностей и выстраивание прогнозов посредством использования машинного обучения и искусственного интеллекта [4]. У аграриев появляется возможность прогнозировать будущее на основе анализа развития и взаимодействия множества разнообразных данных из различных областей: состояния растений и животных, погодных условий, конъюнктуры рынка, демографических изменений, глобальных рыночных трендов и прочее.

Предиктивная аналитика включает следующую последовательность действий:

1. Подготовка информации о состоянии предприятия и бизнес-среды. Как правило, используется максимально возможное количество источников информации, поскольку на первом этапе выделить релевантную информацию не представляется возможным. Используются CRM-системы, ERP-системы, карты продаж, отзывы покупателей, открытые базы данных, соцсети, макроэкономические показатели и прочие источники.

2. Полученная информация анализируется на предмет достоверности, исключаются ошибочная; показатели преобразуются в удобный формат.

3. Выбирается модель для работы с информацией исходя из поставленной задачи.

4. Настраивается алгоритм, определяется динамика и взаимосвязь показателей.

5. Выдается прогноз, например, снижение конкурентоспособности продукции, потеря клиентов, рост заболеваемости животных.

6. Проводится оценка и мониторинг прогноза, принимаются решения.

Предиктивная аналитика применяется в различных областях деятельности: производственные процессы, логистика, маркетинг, сбыт, подбор персонала, финансы. Ее использование позволяет прежде всего повышать точность управленческих решений, оптимизировать использование ресурсов, укреплять внутренние и внешние коммуникации, повышать доходы.

Следует учитывать, что именно в аграрном бизнесе использование цифровых технологий наиболее востребовано и способно принести максимально возможный эффект в короткий период. Проекты в области цифровизации бизнеса становятся наиболее популярными, способствующими ускоренному развитию предприятий и получению устойчивой прибыли в короткий период. Однако риск таких проектов также высокий, поскольку отсутствует широкий опыт их применения в АПК [3].

Уже определены ключевые тренды развития отрасли, среди которых органическое сельское хозяйство, наноудобрения, роботы для автоматизации химической обработки посевов и орошения, система бесконтактного анализа влажно-

сти почвы, спутниковый мониторинг посевов, многоуровневое выращивание культур, производство энергии из органических отходов. Использование современных научных достижений позволяет минимизировать зависимость урожая от погодных условий, адаптироваться к экстремальным условиям ведения бизнеса, снизить влияние сезонности на размер урожая, сократить количество заболеваний растений и животных и в итоге укрепить финансовое положение аграрных предприятий.

В ускоренной цифровизации отрасли в равной степени заинтересованы как руководители аграрных предприятий, так и государство, но в первую очередь инициатором цифрового развития выступает Минсельхоз РФ. Так, например, зерновой бизнес поддерживается рядом ФГИС: «Семеноводство», «Зерно», «ЗСН», «Сатурн». В ближайшем будущем они будут интегрированы с ФГИС «Ветис», ФГИС УСМТ по самоходным машинам, куда будут поступать данные о малолетке и маршрутных картах, а также ФГИАС ПР по племенным ресурсам.

Таким образом, масштаб действий, связанных с ускоренной цифровизацией аграрного бизнеса, позволяет сделать заключение о скором переходе отрасли на новый уровень технологического развития. В то же время наблюдается ряд барьеров, тормозящих процесс:

1) часть сельских территорий не обеспечена необходимой инфраструктурой, отсутствует широкополосный доступ к интернету, что делает невозможным применение современных цифровых сервисов;

2) специалисты аграрных предприятий не обладают достаточным уровнем знаний в области цифровых технологий, навыками работы с цифровыми системами и аналитическими платформами;

3) система высшего образования не адаптирована к требованиям современного бизнеса, знания в области цифровых технологий носят фрагментарный характер, слабо связаны с практикой ведения бизнеса;

4) финансовые возможности аграрных предприятий как правило ограничены, в то же время системы точного земледелия, робототехнические комплексы, аналитические платформы и современные программные продукты требуют значительных первоначальных вложений;

5) бюджетная поддержка цифровизации ограничена, оказывается в первую очередь крупным хозяйствам, что снижает уровень конкурентоспособности малых и средних предприятий;

6) имеют место технические барьеры для комплексного внедрения цифровых технологий по причине отсутствия единых стандартов и недостаточной совместимости оборудования и программных решений между различными производителями;

7) существует потенциальная возможность снижения востребованности персонала для выполнения стандартных операций, роста сельской безработицы, возникновения социальной напряженности.

Министерством сельского хозяйства уже принято решение о выделении 1,2 млрд руб. на развитие информационных систем. Однако до тех пор, пока не будут преодолены указанные барьеры, не решены вопросы трансформации всех

связанных с аграрным бизнесом систем, невозможно быть уверенным в успехе разработанных Правительством РФ проектов в области цифровизации.

Список литературы

1. Вертий, М. В. Цифровые технологии в развитии АПК региона / М. В. Вертий, Л. А. Белова // Естественно-гуманитарные исследования. – 2023. – № 2(46). – С. 54–61.
2. Соколова А. П. Перспективные направления развития животноводства в сельскохозяйственных предприятиях РФ / А. П. Соколова, В. Д. Можегова // Кант: Экономика и управление. 2014. № 1. С. 7–11.
3. Соколова А. П. Управление рисками инновационных проектов / А. П. Соколова, Д. В. Бондарева // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 5-3. С. 148–157.
4. Сухарева О. А. Анализ динамики и источников роста производства в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края / О. А. Сухарева, О. И. Вдовин // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2024. – № 11-3(117). – С. 114–119.

ТИТОВ ВЯЧЕСЛАВ МИХАЙЛОВИЧ, студент

Научный руководитель –

НАЗАРОВА ОЛЬГА БОРИСОВНА, к.п.н., доцент

Магнитогорский государственный технический университет

им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, Россия

slava-titov173@yandex.ru

КОНТЕКСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ

Статья посвящена вопросам применения контекстного моделирования для анализа и проектирования сложных систем. Описаны методологические аспекты подхода с позиций системного анализа. Рассмотрена роль CASE-средств в качестве инструментальной базы для разработки контекстных моделей. Описаны перспективы развития контекстного моделирования в условиях цифровой трансформации различных отраслей.

Ключевые слова: контекстное моделирование, сложные системы, системный анализ, CASE-средства, искусственный интеллект.

Развитие технологий и рост взаимосвязи между различными сферами деятельности, например, промышленное и гражданское строительство (ПГС), разработка информационных технологий (ИТ), агропромышленный комплекс (АПК), ведут к формированию сложных систем. «Сложная система – система, состоящая из множества взаимодействующих составляющих (подсистем), вследствие чего она приобретает новые свойства, которые отсутствуют на подсистемном уровне и не могут быть сведены к свойствам подсистемного уровня» [4].

Для первичного анализа компонентов сложной системы и их взаимосвязей эффективным методом является контекстное моделирование. «В основе контекстного моделирования лежит принцип всеобщего взаимовлияния элементов, составляющих систему, друг на друга. Идентификация существующих внут-

ренных связей, определяющих характер такого взаимовлияния, является одной из наиболее значимых задач при моделировании технических систем» [3]. Ключевым шагом в данном подходе является построение контекстной диаграммы (модели). «Контекстная диаграмма – это высокоуровневая схема потока данных между элементами системы» [4]. Она определяет границы системы, идентифицирует все компоненты (источники информации, пользователей), а также потоки данных и материальных ресурсов.

В качестве примера представлен фрагмент контекстной модели системы менеджмента качества (СМК) металлургического предприятия (МП), эксплуатирующего опасные производственные объекты (ОПО), на рисунке 1.

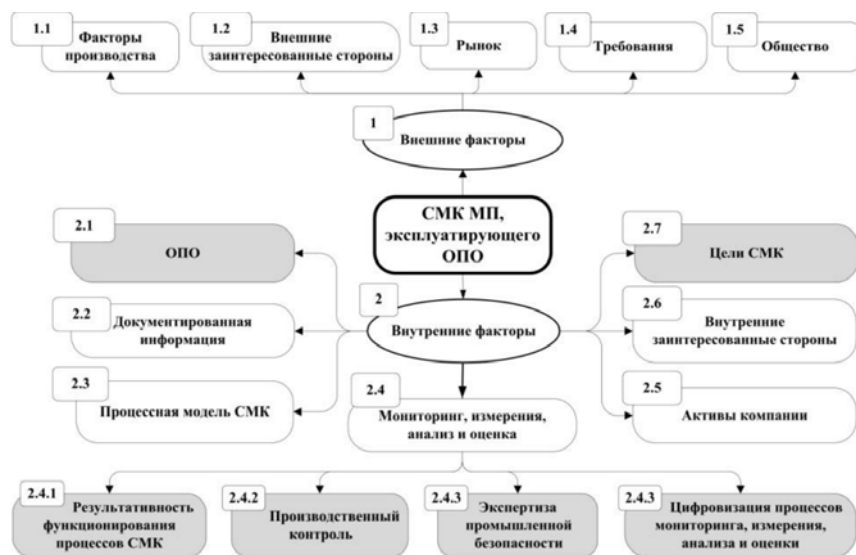


Рисунок 1 – Фрагмент контекстной модели СМК МП, эксплуатирующего ОПО [2]

Представленная модель наглядно демонстрирует взаимодействие ключевых элементов системы, позволяя идентифицировать критические точки и оптимизировать процессы управления рисками. Формализованное описание позволяет осуществлять оценку устойчивости системы к различным сценариям внешних воздействий и внутренних отказов. Такой подход применяется в различных областях:

1. В агропромышленном комплексе (для моделирования технологических цепочек производства и оптимизации управления земельными и производственными активами).
2. В промышленном и гражданском строительстве (для управления жизненным циклом объектов, координации работ организаций и контроля ресурсов).

3. В разработке информационных технологий (для проектирования архитектуры программных средств, формального описания их компонентов и интерфейсов).

4. В государственном управлении (для визуализации связей между ведомствами и оптимизации административных процессов), а также в других сферах.

Инструментальной основой современного контекстного моделирования выступают CASE-средства (англ. Computer-Aided Software Engineering). CASE-технологии представляют собой совокупность методов и инструментов для автоматизации проектирования и разработки систем, включая анализ требований, проектирование архитектуры, написание кода и его тестирование [1, 5]. К числу ключевых преимуществ CASE-средств относятся стандартизация процессов моделирования, повышение качества документации и обеспечение согласованности данных на всех уровнях абстракции. Наиболее популярными являются такие платформы, как Enterprise Architect и IBM Engineering Systems Design Rhapsody, с поддержкой языков моделирования (например, UML) и возможностью коллективной работы над проектом.

Перспективы развития контекстного моделирования могут выходить далеко за рамки статического описания систем. Наиболее значимые перспективы перечислены в таблице 1.

Таблица 1 – Перспективы развития контекстного моделирования

Перспектива	Описание
Интеграция с искусственным интеллектом	Искусственный интеллект позволяет генерировать диаграммы по текстовому описанию (растровые изображения). В будущем это позволит автоматически строить контекстные модели на основе технических заданий, регламентов и интервью с экспертами
Динамическое и имитационное моделирование	На основе статических контекстных моделей могут быть построены динамические модели, позволяющие имитировать поведение системы во времени при различных сценариях и внешних воздействиях
Управление сложностью в реальном времени	В эпоху развития больших данных контекстные модели могут стать основой для создания «цифровых двойников» сложных объектов (заводов, городов, логистических сетей), позволяя отслеживать их состояние в режиме реального времени

Таким образом, контекстное моделирование является мощным и перспективным методом анализа предметной области, позволяющим эффективно работать со сложностью современных систем. Его применение, поддерживаемое CASE-средствами и перспективными технологиями, такими как искусственный интеллект, будет открывать новые возможности для повышения управляемости и предсказуемости в самых различных отраслях. Дальнейшее развитие метода

связано с углублением интеграции с инструментами динамического анализа и автоматизацией процессов построения и ведения моделей.

Список литературы

1. Назарова, О.Б. Разработка автоматизированной системы: полный жизненный цикл : Учебно-методическое пособие / О.Б. Назарова, О.Е. Масленникова, У.В. Наумова. – Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2020. – 120 с. – EDN TJXYUH.
2. Наркевич, М.Ю. Развитие методологии создания системы менеджмента качества металлургического предприятия, эксплуатирующего опасные производственные объекты, на основе прикладной цифровой платформы : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Наркевич Михаил Юрьевич. – Магнитогорск, 2023. – 332 с. – EDN DCFSXX.
3. Соколова, В.С. Контекстное моделирование элементов сложных технологических систем / В. С. Соколова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 252-255. – EDN HOBQRV.
4. Элементы теоретико-множественного анализа сложных систем : Учебное пособие / О.С. Логунова, Ю.В. Кочержинская, М.Ю. Наркевич, А.Е. Козлова, И.С. Бондарев, П.С. Логунова. – Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2025. – 71 с. – ISBN 978-5-9967-3289-0.
5. CASE-технологии для анализа и моделирования данных : Учебное пособие для студентов, изучающих дисциплины бакалавриата / О.Б. Назарова, О.Е. Масленникова, В.В. Чернов, В.С. Сапегина. – Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2022. – ISBN 978-5-9967-2523-6. – EDN ILJHBF.

Технологии, машины и оборудование для АПК

АХРОМЕШИН АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, к.т.н., доцент
(e-mail: aakhromeshin@yandex.ru)

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТРИБУЦИИ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРНЫХ СРЕДСТВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕНДЕНЦИИ

В статье рассматриваются актуальные вопросы организации дистрибуции колесных тракторных средств как ключевого элемента обеспечения эффективности агропромышленного комплекса. Проанализирована специфика товара, определяющая логистические и маркетинговые требования к системе распределения. Исследованы традиционные и современные каналы дистрибуции. Особое внимание уделено оптимизации логистической цепи, включая вопросы транспортировки, складирования и предпродажной подготовки. Выявлены основные проблемы, сдерживающие развитие дистрибутивных сетей в данном сегменте, и предложены направления их решения, включая внедрение CRM-систем, развитие партнерской сети и адаптацию логистических моделей под требования конкретных регионов. Проведенный анализ показал, что эффективная стратегия дистрибуции должна быть гибридной, интегрирующей классические дилерские центры с онлайн-инструментами для построения длительных отношений с клиентами.

Ключевые слова: колесные тракторы, дистрибуция, каналы сбыта, логистика, дилерский центр, агропромышленный комплекс, предпродажная подготовка, послепродажное обслуживание.

Колесные тракторные средства представляют собой высокотехнологичную, капиталоемкую продукцию, являющуюся основой механизации современного агропромышленного комплекса (АПК) [1]. Эффективность функционирования всего АПК напрямую зависит от надежности поставок, технической готовности и доступности сельскохозяйственной техники. В этой связи организация рациональной системы дистрибуции колесных тракторов приобретает стратегическое значение. Процесс дистрибуции в данном сегменте характеризуется рядом специфических особенностей, обусловленных габаритами и массой товара, его высокой стоимостью, сложностью, необходимостью предоставления сервисных и консультационных услуг.

Целью данной статьи является анализ современных моделей и тенденций организации дистрибуции колесных тракторных средств и выработка рекомендаций по ее оптимизации.

Для начала определим специфику товара и ее влияние на дистрибуцию. Колесный трактор как товар обладает уникальными характеристиками, формирующими особые требования к системе его распределения: высокая капиталоемкость требует от дистрибьюторов значительных финансовых ресурсов для

формирования товарных запасов; крупногабаритность и большой вес определяют высокую стоимость и специфику транспортировки (автомобильным или железнодорожным транспортом с использованием специального оборудования), необходимость наличия оборудованных складских площадок [2]; техническая сложность подразумевает обязательное наличие квалифицированного персонала для проведения предпродажной подготовки, пусконаладочных работ, послепродажного обслуживания и ремонта; сезонность спроса требует от дистрибьюторов точного прогнозирования и гибкого управления запасами.

Данная специфика приводит к тому, что производители, как правило, используют косвенные каналы дистрибуции через сеть авторизованных дилеров, которые берут на себя функции не только продаж, но и полного сервисного сопровождения.

Рассмотрим модели и каналы дистрибуции колесных тракторов. В современной практике распространены несколько основных моделей:

1. Традиционная дилерская сеть. Это наиболее распространенная модель. Крупные производители (такие как John Deere, CLAAS, CNH Industrial, Ростсельмаш, МТЗ и другие) создают разветвленную сеть официальных дилеров в ключевых аграрных регионах [3]. Дилерский центр выполняет функции: демонстрация техники (шоу-рум и открытая площадка); заключение договоров купли-продажи, организация финансирования (кредитование, лизинг и другие услуги); проведение предпродажной подготовки (ППП); обеспечение гарантийного и послегарантийного обслуживания; поставка запасных частей.

2. Дистрибуция через региональных дистрибьюторов. Данный вариант применим в случаях, когда есть новые или удаленные рынки (регионы, федеральные округа, территории). Производители работают через крупных региональных дистрибьюторов, которые, в свою очередь, могут иметь собственную субдилерскую сеть.

3. Прямые продажи. Применяется редко, в основном для крупных государственных или корпоративных заказчиков, а также для реализации специализированных или уникальных моделей.

4. Онлайн-каналы. Развитие цифровых технологий привело к интеграции онлайн-инструментов в традиционную дистрибуцию. Виртуальные каталоги, 3D-конфигураторы, онлайн-запросы коммерческих предложений и оформление предзаказов становятся стандартом [4]. Однако финальная сделка, как правило, требует очного взаимодействия с дилером. Продажа тракторов и сельхозтехники активно уходит в онлайн, и здесь есть как общие тенденции, так и специфические каналы.

Представим обзор онлайн-каналов продаж для тракторных средств, разделенный на категории для лучшего понимания: собственные онлайн-каналы (прямые продажи); корпоративный сайт; каталог продукции; конфигуратор; онлайн-калькулятор кредита/лизинга; система бронирования и оформления заказа; блог/база знаний; чат-боты/онлайн-консультанты; email-рассылки.

Также стоит отметить специализированные онлайн-площадки и агрегаторы — это самые эффективные каналы, так как на них сосредоточена целевая ауди-

тория и специализированные порталы сельхозтехники. Хорошим инструментом является контекстная и таргетированная реклама. «Яндекс.Директ» и «Google Ads» осуществляют показ рекламы по ключевым запросам.

Партнерские и отраслевые каналы

Отраслевые онлайн-СМИ: Размещение пресс-релизов о новых моделях, партнерстве, участии в выставках на таких порталах, как Agroinvestor, Земля и жизнь и т.д.

Ключевые особенности онлайн-продаж тракторов: высокий чек и длинный цикл принятия решения. Покупатель не купит трактор за 1 клик. Онлайн-каналы работают на генерацию лидов (заявок на консультацию, тест-драйв, расчет стоимости). Далее в работу вступают менеджеры по продажам.

Отметим, что успешная онлайн-стратегия продаж тракторных средств — это комплексный подход:

3. Логистика в системе дистрибуции тракторных средств

Логистическая цепь включает: транспортировку, которая осуществляется преимущественно автомобильным (тралами) или железнодорожным транспортом. Ключевая задача — минимизация повреждений при перегрузке и перевозке; складирование: требует значительных открытых охраняемых площадок с твердым покрытием. Важным элементом является организация хранения запасных частей, требующая системы складского учета (WMS); управление запасами: необходимость балансировать между высокими затратами на содержание запасов и риском неудовлетворенного спроса в пиковые сезоны. Для оптимизации применяются системы прогнозирования спроса и тесная интеграция с производственными планами изготовителя.

Выделим ключевые проблемы и направления оптимизации:

- высокие операционные затраты на содержание дилерских центров и логистику;
- дефицит квалифицированного персонала (менеджеров, сервисных инженеров);
- неравномерность спроса, приводящая к простоям или, наоборот, к нехватке техники в сезон;
- жесткая конкуренция, требующая инвестиций в демонстрационную и сервисную инфраструктуру.

Для оптимизации всех вышеперечисленных процессов необходимо внедрять такой современный инструмент как CRM-система и цифровизация бизнес-процессов. Анализ больших данных для точного прогнозирования спроса и оптимизации товарных запасов как готовой техники, так и запасных частей [5].

Необходимость внедрения CRM-систем продиктована несколькими факторами:

- изменение пути клиента (Customer Journey). Современный покупатель до 80% решения о выборе автомобиля и дилера принимает онлайн, изучая обзоры, сравнивая цены на агрегаторах и формируя ожидания от сервиса. Традиционные холодные звонки уступают место управляемому, омниканальному взаимодействию;

- рост конкуренции. Рынок становится более насыщенным. Борьба ведется не только за нового клиента, но и за удержание существующего, чья лояльность крайне низка. CRM позволяет персонализировать коммуникацию и повышать ценность предложения;

- экономическая эффективность. Стоимость привлечения нового клиента в разы превышает стоимость удержания текущего. Систематизация работы с клиентской базой позволяет повысить конверсию на каждом этапе воронки продаж и оптимизировать маркетинговые бюджеты.

Текущая работа на любом дилерском предприятии подразумевает генерацию огромных массивов структурированных и неструктурированных данных. CRM-система выступает центральным хабом для их сбора, анализа и практического использования.

В заключении отметим, что организация дистрибуции колесных тракторных средств является сложным многоуровневым процессом, эффективность которого определяет конкурентоспособность производителя и удовлетворенность конечного потребителя. Современная тенденция заключается в переходе от чисто транзакционной модели к построению долгосрочных партнерских отношений с клиентами через развитие сервисной и цифровой составляющей. Успешная дистрибутивная стратегия должна быть гибкой, сочетающей проверенные временем форматы работы дилерских центров с активным использованием digital-инструментов для повышения эффективности и охвата аудитории. Дальнейшие исследования в данной области целесообразно направить на разработку математических моделей оптимизации логистических цепей с учетом региональной специфики и факторов риска.

Список литературы

1. Агропромышленный комплекс России: состояние и перспективы / Под ред. И.Г. Ушачева. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 458 с.
2. Логистика в машиностроении: учебник для вузов / В.С. Лукинский, Д.А. Яковлева. – СПб.: Питер, 2022. – 320 с.
3. Современные каналы распределения промышленной продукции: монография / К.А. Волков, П.Л. Никитин. – Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2020. – 189 с.
4. Цифровая трансформация дистрибуции: от электронной коммерции к интеллектуальным цепям поставок // Логистика и управление цепями поставок. – 2023. – № 2(109). – С. 45-56.
5. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation / Sunil Chopra, Peter Meindl. – 7th ed. – Pearson Education, 2022. – 546 p.

ВОЛКОВА СВЕТЛАНА НИКОЛАЕВНА, д.с.-х.н., профессор
СИВАК ЕЛЕНА ЕВГЕНЬЕВНА, д.с.-х.н., профессор
ХОЛОДОВ ДМИТРИЙ СЕРГЕЕВИЧ, студент

Курский государственный аграрный университет имени
 И. И. Иванова, г. Курск, Россия
 (e-mail: elena.sivak.77@mail.ru)

БЕЛОВА ТАТЬЯНА ВАЛЕНТИНОВНА, к.э.н., доцент
 ГОАУ ВО Курской области «Курская академия государственной
 и муниципальной службы»

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАШИН С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ В АГРОИНЖЕНЕРИИ

В статье раскрывается значение моделирования для оптимизации режимов работы сельскохозяйственных машин. Рассматриваются современные методы и технологии, позволяющие повысить эффективность, надежность и экологичность техники. Приводятся примеры применения моделирования для улучшения агротехнических процессов. Сделан вывод о важности интеграции моделирования для устойчивого развития сельского хозяйства.

Ключевые слова: моделирование, оптимизация режимов работы, сельскохозяйственные машины, многокритериальная оптимизация.

Одним из ключевых факторов достижения этих целей является повышение эффективности работы сельскохозяйственной техники — от тракторов и сеялок до опрыскивателей и комбайнов. Однако традиционные методы испытаний и наладки машин часто требуют больших временных и финансовых затрат, а также не всегда позволяют учесть все многообразие условий эксплуатации. [1]

В этой связи моделирование становится незаменимым инструментом, позволяющим создавать виртуальные прототипы машин и процессов, проводить их анализ и оптимизацию без необходимости частых полевых испытаний. Использование современных методов математического, компьютерного и 3D моделирования открывает новые возможности для разработки и совершенствования сельскохозяйственной техники, обеспечивая более точное и быстрое определение оптимальных режимов работы. [2]

Моделирование в агроинженерии представляет собой совокупность методов и технологий, направленных на создание виртуальных моделей сельскохозяйственных машин и технологических процессов. Эти модели позволяют исследовать поведение техники в различных условиях эксплуатации, выявлять узкие места и оптимизировать параметры работы без необходимости проведения дорогостоящих и длительных полевых испытаний. С помощью моделирования можно смоделировать взаимодействие рабочих органов машин с почвой, растительными остатками и семенами, оценить динамические нагрузки, определить оптимальные скорости работы, глубину обработки и другие важные параметры. [3] Это особенно важно, поскольку сельскохозяйственные условия отличаются

высокой вариативностью — от типа почвы и влажности до рельефа и погодных условий. Кроме того, моделирование позволяет интегрировать данные с различных источников — датчиков, спутниковых снимков, метеорологических данных — что обеспечивает более точное и адаптивное управление режимами работы машин в реальном времени. Такой подход способствует развитию «умного» сельского хозяйства и внедрению технологий точного земледелия. [4]

Оптимизация режимов работы сельскохозяйственных машин требует применения разнообразных математических и статистических методов. Среди них: планирование экспериментов, позволяющее систематически изменять параметры работы машины и фиксировать результаты для выявления оптимальных сочетаний; анализ чувствительности, который помогает определить наиболее значимые параметры для оптимизации; многокритериальная оптимизация, учитывающая одновременно несколько показателей, таких как производительность, энергозатраты, качество обработки и износ деталей; эволюционные алгоритмы и методы искусственного интеллекта, позволяющие находить оптимальные решения в сложных многомерных пространствах параметров; имитационное моделирование для воспроизведения сложных процессов взаимодействия машины с окружающей средой; а также методы многокритериального анализа и принятия решений, применяемые для выбора оптимальных режимов работы с учетом экономических, технических и экологических факторов. [5] Использование этих методов позволяет не только повысить производительность и качество работы машин, но и продлить срок их службы, снизить расход топлива и минимизировать воздействие на окружающую среду.

Современные технологии 3D моделирования и виртуальной реальности открывают новые возможности для оптимизации сельскохозяйственной техники. Создание детализированных трехмерных моделей позволяет проводить виртуальные испытания, анализировать динамику работы узлов и агрегатов, выявлять потенциальные дефекты и узкие места конструкции еще на этапе проектирования. Виртуальное моделирование рабочих процессов, таких как вспашка, посев, опрыскивание и уборка урожая, позволяет оценить влияние различных параметров на качество и эффективность работы. [6] Например, можно смоделировать распределение семян при посеве или равномерность нанесения удобрений и пестицидов при опрыскивании. Кроме того, 3D модели используются для создания цифровых двойников техники — виртуальных копий реальных машин, которые позволяют отслеживать состояние и режимы работы в режиме реального времени, прогнозировать износ и планировать техническое обслуживание. Это способствует переходу к концепции «превентивного обслуживания», что значительно снижает простои и повышает надежность техники. [7]

Современное моделирование тесно связано с развитием систем автоматического управления сельскохозяйственной техникой. На основе полученных моделей создаются алгоритмы адаптивного управления, которые позволяют машине самостоятельно подстраивать рабочие режимы под изменяющиеся условия эксплуатации — например, изменять скорость движения, глубину обработки или интенсивность опрыскивания. Использование датчиков и систем GPS в

сочетании с моделированием и анализом данных обеспечивает реализацию принципов точного земледелия, где каждый участок поля обрабатывается с учетом его индивидуальных характеристик. Это повышает эффективность использования ресурсов, снижает издержки и минимизирует экологический след. [8]

В научных исследованиях и практике агроинженерии широко применяются методы моделирования для решения конкретных задач. Среди них оптимизация обработки почвы с учетом структуры и влажности, что позволяет снизить энергозатраты и повысить качество рыхления без повреждения корневой системы растений; настройка параметров опрыскивателей для обеспечения равномерного распределения рабочего раствора, минимизации потерь и снижения негативного воздействия на окружающую среду; оптимизация режимов посева и протравливания семян, повышающая всхожесть и устойчивость растений к болезням; разработка комплексов машин и агрегатов, адаптированных к конкретным условиям эксплуатации, что позволяет повысить общую производительность и снизить эксплуатационные расходы; повышение энергоэффективности и экологичности техники за счет снижения расхода топлива и выбросов вредных веществ; а также прогнозирование износа и технического состояния, что позволяет планировать своевременное техническое обслуживание и замену комплектующих, снижая риск аварий и простоев. Эти примеры демонстрируют, как моделирование способствует более точному и эффективному управлению процессами в сельском хозяйстве.

Оптимизация режимов работы сельскохозяйственных машин с помощью моделирования имеет огромное значение для развития агропромышленного комплекса. Она позволяет повысить качество и эффективность агротехнических мероприятий, снизить затраты на топливо, материалы и техническое обслуживание, уменьшить негативное воздействие на почву и окружающую среду, обеспечить устойчивое и рациональное использование ресурсов, сократить время внедрения новых технологий и техники, повысить адаптивность техники к изменяющимся климатическим и почвенным условиям, а также улучшить условия труда операторов за счет автоматизации и снижения физической нагрузки. Таким образом, моделирование становится неотъемлемой частью инновационного развития сельского хозяйства, способствуя повышению его конкурентоспособности и устойчивости.

Интеграция современных методов моделирования и оптимизации в агроинженерии открывает широкие перспективы для повышения эффективности и экологичности сельскохозяйственного производства. Использование виртуальных моделей и комплексных оптимизационных подходов позволяет создавать высокотехнологичную, адаптивную и экономичную технику, отвечающую требованиям современного агропромышленного комплекса. Постоянное развитие технологий моделирования и автоматизации будет способствовать устойчивому развитию сельского хозяйства и обеспечению продовольственной безопасности в будущем. [9]

Список литературы

1. Волкова С.Н., Время взаимодействия системы с окружающей средой в гиперцикле/ С.Н. Волкова, Е.Е. Сивак, М.И. Пашкова //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.- 2014. -№ 7.- С. 59-60.
2. Потенциал повышения производительности труда персонала в организации/ С.Н. Волкова, Е.Е. Сивак, А.В. Шлеенко, М.Б. Пикалова, Е.В. Овчинникова //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. -2019. № 8. -С. 213-217.
3. Волкова С.Н. Анализ линейчатых поверхностей строительных конструкций/ Волкова С.Н., Шлеенко А.В., Морозова В.В. Сивак Е.Е. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020. Т. 24. № 3. С. 111-120.
4. Волкова С.Н. Последствия антропогенного воздействия в развитии сельского хозяйства/ Волкова С.Н., Майоров Ю.И., Сивак Е.Е., Мясоедова М.А., Потемкин С.Н. //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 2. С. 78-80.
5. Волкова С.Н. Моделирование упрочненных конструкций в строительстве /Волкова С.Н., Шлеенко А.В., Сивак Е.Е., Морозова В.В. // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2020. № 3 (1027). С. 19-21.
6. Sivak E., Relationships that determine the quantitative block of financing in the scientific-informational and educational-production environment/ E. Sivak E., S. Volkova, O. Pankratyeva, A. Shleenko //в сборнике: e3s web of conferences. 14. rostov-on-don,- 2021.
7. Sivak E., Volkova S., Transformation of land resources as a result of anthropogenic impact . //В сборнике: e3s web of conferences. 13. сеп. "13th international scientific and practical conference on state and prospects for the development of agribusiness, interagromash 2020" 2020. с. 06002.
8. Волкова С.Н. Прогнозируемая динамика общей биомассы, рассматриваемая в глобальных моделях биосферы/ Волкова С.Н., Сивак Е.Е., Пашкова М.И., Шлеенко А.В., Кривдина О.А. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016.- №8.- С.77-80.
9. Белова Т. В. Линейные модели в экономических исследованиях/ /Аграрная наука.- 2007. №7. -С. 5-6

ВОЛКОВА СВЕТЛАНА НИКОЛАЕВНА, д.с.-х.н., профессор
СИВАК ЕЛЕНА ЕВГЕНЬЕВНА, д.с.-х.н., профессор
ХИТРИЧ АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ, студент
СУРНЕНКОВ ПАВЕЛ МИХАЙЛОВИЧ, аспирант
 Курский государственный аграрный университет имени
 И. И. Иванова, г. Курск, Россия
 (e-mail: elena.sivak.77@mail.ru)

ЭКСПЕРИМЕНТЫ, ЕГО ВИДЫ И ФУНКЦИИ В НАУЧНОМ ПОЗНАНИИ

Статья рассматривает сущность эксперимента как ключевого метода научного познания, описывает его основные виды: лабораторный, полевой, натурный и моделирующий. Подчеркивается важность эксперимента для проверки гипотез, открытия новых закономерностей, уточнения теорий и обеспечения повторяемости результатов. Эксперимент рассматривается как основной инструмент объективного и системного получения знаний, способствующий развитию науки и практическому применению научных открытий.

Ключевые слова: эксперимент, виды эксперимента, функции эксперимента, научное познание.

Эксперимент является одним из фундаментальных методов научного познания, позволяющим активно вмешиваться в изучаемый процесс, контролировать условия его протекания и получать эмпирические данные для проверки гипотез и построения теорий. В отличие от простого наблюдения, эксперимент предполагает целенаправленное воздействие на объект исследования с целью выявления причинно-следственных связей и закономерностей.

Целью научного исследования является раскрытие сущности эксперимента как ключевого метода научного познания, а также подробно охарактеризовать его основные виды: лабораторный, полевой, натурный и моделирующий. Статья направлена на обоснование значимости эксперимента для проверки гипотез, открытия новых закономерностей, уточнения научных теорий и обеспечения объективности и повторяемости результатов.

Исследование выполнено на базе ФГБОУ ВО «Курский государственный аграрный университет». В работе использовались теоретический анализ научной литературы и эмпирический метод — проведение и анализ различных видов экспериментов: лабораторного, полевого, натурального и моделирующего. Для этого применялись современные методики контроля и измерений, что позволило объективно оценить результаты и подтвердить их повторяемость. Такой комплексный подход обеспечил глубокое понимание сущности эксперимента и его роли в научном познании.

Эксперимент (от лат. experimentum – опыт, проба) – это метод научного познания, заключающийся в активном и целенаправленном воздействии исследо-

вателя на изучаемый объект или явление с целью выявления его свойств, закономерностей и связей в контролируемых условиях [1].

В отличие от простого наблюдения, эксперимент предполагает:

- Активное вмешательство: Исследователь не пассивно наблюдает, а сам создает или изменяет условия [2].
- Целенаправленность: Эксперимент проводится для проверки конкретной гипотезы или для выяснения определенного вопроса [3].
- Контроль условий: Исследователь стремится изолировать изучаемый фактор, минимизируя влияние посторонних переменных [4].
- Воспроизводимость: Результаты эксперимента должны быть воспроизводимы другими исследователями при соблюдении тех же условий [5].

Виды экспериментов. Эксперименты можно классифицировать по различным основаниям, отражающим их цели, методы и характер проведения [6].

По цели проведения:

- Констатирующий (или описательный) эксперимент: Направлен на выявление и описание свойств объекта или явления в существующих условиях. Например, измерение температуры кипения воды при нормальном атмосферном давлении [7].

- Проверяющий (или подтверждающий) эксперимент: Используется для проверки ранее выдвинутой гипотезы или теории. Если результаты эксперимента соответствуют предсказаниям гипотезы, она получает подтверждение. Если нет – гипотеза нуждается в уточнении или отвержении. Пример: эксперимент Майкельсона-Морли для проверки теории эфира [8].

- Исследовательский (или поисковый) эксперимент: Проводится для открытия новых явлений, закономерностей или для выяснения причинно-следственных связей, которые еще не были известны. Часто такие эксперименты носят характер "проб и ошибок". Пример: открытие радиоактивности Беккерелем [9].

- Демонстрационный эксперимент: Используется для наглядного представления научных фактов и законов, часто в образовательных целях.

По характеру вмешательства в объект:

- Естественный эксперимент: Проводится в естественных условиях, без существенного изменения среды. Исследователь лишь фиксирует изменения, вызванные естественными факторами. Пример: изучение влияния солнечной активности на урожайность.

- Искусственный эксперимент: Проводится в специально созданных или измененных условиях (лаборатория, полигон). Это позволяет более точно контролировать переменные. Пример: проведение химической реакции в пробирке.

По степени контроля над переменными:

- Лабораторный эксперимент: Проводится в контролируемых условиях лаборатории, где исследователь может максимально точно управлять всеми переменными. Это наиболее распространенный вид эксперимента в точных науках.

- Полевой эксперимент: Проводится в реальных условиях, но с определенным уровнем контроля над переменными. Например, в сельском хозяйстве мо-

гут проводиться полевые эксперименты с различными удобрениями на разных участках поля.

Эксперимент является одним из ключевых методов научного познания, позволяющим исследователям активно взаимодействовать с объектами и явлениями для выявления их свойств и закономерностей. В отличие от наблюдения, эксперимент требует целенаправленного вмешательства и контроля условий, что обеспечивает более точные и воспроизводимые результаты. Классификация экспериментов по различным критериям — целям, характеру вмешательства и степени контроля над переменными — позволяет лучше понять их разнообразие и применение в научной практике. Различные виды экспериментов, такие как констатирующие, проверяющие, исследовательские и демонстрационные, играют важную роль в развитии науки, позволяя как подтверждать существующие теории, так и открывать новые явления. Важно также учитывать различия между естественными и искусственными экспериментами, а также лабораторными и полевыми, что позволяет исследователям выбирать наиболее подходящий метод в зависимости от поставленных задач.

Эксперимент как метод научного познания является основой для развития науки и технологий. Он не только позволяет проверять гипотезы и теории, но и служит источником новых открытий и инноваций. Понимание различных видов экспериментов и их особенностей способствует более эффективному применению экспериментальных методов в исследованиях. В условиях современного научного мира, где междисциплинарные подходы становятся все более актуальными, эксперименты играют ключевую роль в интеграции знаний и создании новых научных парадигм. Таким образом, дальнейшее изучение и развитие экспериментальных методов остаются важными задачами для ученых и исследователей в различных областях науки.

Список литературы

10. Волкова С.Н., Время взаимодействия системы с окружающей средой в гиперцикле/ С. Н. Волкова, Е. Е. Сивак, М. И. Пашкова //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.- 2014. -№ 7.- С. 59-60.
11. Потенциал повышения производительности труда персонала в организации/ С.Н. Волкова, Е.Е. Сивак, А.В. Шлеенко, М.Б. Пикалова, Е.В. Овчинникова //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. -2019. № 8. -С. 213-217.
12. Волкова С.Н. Анализ линейчатых поверхностей строительных конструкций/ Волкова С.Н., Шлеенко А.В., Морозова В.В. Сивак Е.Е. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020. Т. 24. № 3. С. 111-120.
13. Волкова С.Н. Последствия антропогенного воздействия в развитии сельского хозяйства/ Волкова С.Н., Майоров Ю.И., Сивак Е.Е., Мясоедова М.А., Потемкин С.Н. //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 2. С. 78-80.
14. Волкова С.Н. Моделирование упрочненных конструкций в строительстве /Волкова С.Н., Шлеенко А.В., Сивак Е.Е., Морозова В.В. // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2020. № 3 (1027). С. 19-21.
15. Sivak E., Relationships that determine the quantitative block of financing in the scientific-informational and educational-production environment/ E. Sivak E., S. Volkova, O. Pankratyeva, A. Shleenko //в сборнике: e3s web of conferences. 14. rostov-on-don,- 2021.
16. 7.Sivak E., Volkova S., Transformation of land resources as a result of anthropogenic impact . //В сборнике: e3s web of conferences. 13. сеп. "13th international scientific and practical

conference on state and prospects for the development of agribusiness, interagromash 2020" 2020. с. 06002.

17. Волкова С.Н. Прогнозируемая динамика общей биомассы, рассматриваемая в глобальных моделях биосферы/ Волкова С.Н., Сивак Е.Е., Пашкова М.И., Шлеенко А.В., Кривдина О.А. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016.- №8.- С.77-80.

18. Белова Т. В. Линейные модели в экономических исследованиях/ /Аграрная наука.- 2007.№7. -С. 5-6

ВОЛКОВА СВЕТЛАНА НИКОЛАЕВНА, д.с.-х.н., профессор

СИВАК ЕЛЕНА ЕВГЕНЬЕВНА, д.с.-х.н., профессор

СИВАК НИКОЛАЙ АРСЕНЬЕВИЧ, студент

Курский государственный аграрный университет имени

И. И. Иванова, г. Курск, Россия

(e- mail:elena.sivak.77@mail.ru)

БЕЛОВА ТАТЬЯНА ВАЛЕНТИНОВНА, к.э.н., доцент

ГОАУ ВО Курской области «Курская академия государственной
и муниципальной службы»

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

Сельское хозяйство играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивого развития. Современные тенденции в сельском хозяйстве выдвигают новые вызовы перед исследователями и практикующими агрономами. В данной статье рассматриваются современные проблемы и перспективы развития сельскохозяйственных наук.

Ключевые слова: сельское хозяйство, изменение климата, генная инженерия, эффективность, адаптация.

Сельское хозяйство в настоящее время сталкивается с рядом серьезных вызовов, таких как изменение климата, угрозы биоразнообразию, деградация почв, нестабильность рынков и повышение потребности в продовольствии вследствие роста населения. Эти вызовы требуют инновационных решений, которые способствовали бы развитию устойчивого и эффективного сельского хозяйства. В данной статье мы рассмотрим подробнее современные проблемы сельского хозяйства и возможные пути их решения. [1]

1. Изменение климата и его воздействие на сельское хозяйство.

Изменение климата является одним из наиболее серьезных вызовов для сельского хозяйства. Экстремальные погодные условия, такие как засухи, наводнения, жаркие волны и изменения в осадках, оказывают непосредственное воздействие на урожайность и качество урожая, а также на здоровье сельскохозяйственных животных. Чтобы справиться с этими вызовами необходимы новые технологии и методы адаптации:

Разработка устойчивых сортов растений: Применение генетической инженерии для создания культур, способных выдерживать стрессовые условия, такие как засуха или повышенная температура. [2]

Управление водными ресурсами: Внедрение инновационных систем эффективного использования воды, включая технологии капельного орошения и системы управления поливом на основе данных. [3]

2. Уменьшение плодородия почв.

Использование интенсивных методов сельского хозяйства, таких как монокультуры, чрезмерное применение пестицидов и удобрений, приводит к деградации почвы и уменьшению ее плодородия. Для обеспечения устойчивого земледелия необходимо переходить к более экологически устойчивым методам:

Повышение биоразнообразия: Внедрение смешанных культур и методов междурядного использования для сохранения плодородия почвы и поддержания биоразнообразия. [4]

Органическое земледелие: Применение методов органического земледелия для снижения зависимости от химических удобрений и пестицидов.

3. Угрозы биоразнообразию и экосистемам.

Сельское хозяйство часто приводит к разрушению естественных экосистем и снижению биоразнообразия. Это создает угрозу для долгосрочной устойчивости сельскохозяйственных систем. Для решения этой проблемы требуется комплексный подход:

Создание агроэкосистем: Развитие методов агролесоводства и агроэкологии для восстановления природных экосистем в сельскохозяйственных ландшафтах. [5]

Охрана и восстановление: Охрана и восстановление природных местообитаний для сохранения полезных насекомых, птиц и других видов, способствующих устойчивому сельскому хозяйству. [6]

4. Нестабильность рынков и экономическая уязвимость.

Сельскохозяйственные рынки подвержены колебаниям цен, изменениям спроса и предложения, а также геополитическим факторам. Это создает неопределенность для производителей и может приводить к экономической уязвимости. Для устранения этой нестабильности требуются:

Развитие рынков: Разработка механизмов поддержки сельскохозяйственных рынков и стимулирование доступа к новым рынкам сбыта.

Риск-менеджмент: Разработка инструментов управления рисками для сельскохозяйственных производителей, включая страхование урожая и финансовые гарантии. [7]

Для решения современных проблем сельского хозяйства необходимы инновационные подходы и усовершенствованные технологии. Одной из ключевых тенденций является цифровизация сельского хозяйства, включая использование дистанционного зондирования, дронов, искусственного интеллекта и интернета вещей для повышения эффективности и устойчивости производства. Технологии генетической модификации и селекции позволяют создавать устойчивые сорта культур, устойчивые к болезням и агрессивным климатическим услови-

ям. Внедрение принципов агроэкологии способствует улучшению здоровья почв и биоразнообразия. [8]

Сельскохозяйственные науки играют важную роль в разработке решений для устойчивого развития сельского хозяйства. С появлением новых технологий и инновационных подходов ученые и практики могут справиться с вызовами, стоящими перед сельскохозяйственным сектором. Дальнейшие исследования и разработки в области сельскохозяйственных наук будут способствовать повышению продуктивности, устойчивости и эффективности сельского хозяйства. [9]

Список литературы

19. Волкова С.Н., Время взаимодействия системы с окружающей средой в гиперцикле/ С. Н. Волкова, Е. Е. Сивак, М. И. Пашкова //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.- 2014. -№ 7.- С. 59-60.
20. Потенциал повышения производительности труда персонала в организации/ С.Н. Волкова, Е.Е. Сивак, А.В. Шлеенко, М.Б. Пикалова, Е.В. Овчинникова //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. -2019. № 8. -С. 213-217.
21. Волкова С.Н. Анализ линейчатых поверхностей строительных конструкций/ Волкова С.Н., Шлеенко А.В., Морозова В.В. Сивак Е.Е. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020. Т. 24. № 3. С. 111-120.
22. Волкова С.Н. Последствия антропогенного воздействия в развитии сельского хозяйства/ Волкова С.Н., Майоров Ю.И., Сивак Е.Е., Мясоедова М.А., Потемкин С.Н. //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 2. С. 78-80.
23. Волкова С.Н. Моделирование упроченных конструкций в строительстве /Волкова С.Н., Шлеенко А.В., Сивак Е.Е., Морозова В.В. // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2020. № 3 (1027). С. 19-21.
24. Sivak E., Relationships that determine the quantitative block of financing in the scientific-informational and educational-production environment/ E. Sivak E., S. Volkova, O. Pankratyeva, A. Shleenko //в сборнике: e3s web of conferences. 14. rostov-on-don,- 2021.
25. 7.Sivak E., Volkova S., Transformation of land resources as a result of anthropogenic impact . //В сборнике: e3s web of conferences. 13. сеп. "13th international scientific and practical conference on state and prospects for the development of agribusiness, interagromash 2020" 2020. с. 06002.
26. Волкова С.Н. Прогнозируемая динамика общей биомассы, рассматриваемая в глобальных моделях биосферы/ Волкова С.Н., Сивак Е.Е., Пашкова М.И., Шлеенко А.В., Кривдина О.А. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016.- №8.- С.77-80.
27. Белова Т. В. Линейные модели в экономических исследованиях/ /Аграрная наука.- 2007.№7. -С. 5-6

ГАЛКИН АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, магистрант
ГАВРИЛОВ СЕМЁН ДМИТРИЕВИЧ, студент
ЯРЫГИНА ИРИНА ВИКТОРОВНА, к.с.-х., доцент
 Курский государственный аграрный университет, г.Курск, Россия
 (e-mail: yarygina-irina@rambler.ru)

К ВОПРОСУ О ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОМ СЕПАРАТОРЕ

В данной статье говорится о том, что зерноочистительные сепараторы играют ключевую роль в обеспечении высокого качества зерна и оптимизации процессов его обработки в сельском хозяйстве и продовольственной промышленности.

Ключевые слова: зерноочистительный сепаратор, очистка зерна, магнитные установки, триер-сепаратор.

В массе свежесобранного зерна, помимо основной культуры, содержится значительное количество нежелательных включений: зерна других сельскохозяйственных культур и прочих растений, поврежденные зерна, зерна мелкого размера, примеси органического, минерального происхождения, в том числе и вредные [1].

Цепочку технологических операций, целью которых является очистка зерна и семенного материала можно разделить на три основных этапа: предварительная очистка свежесобранного зернового вороха, первичная очистка, вторичная очистка зерна и сортирование.

Очистка зерновой массы от посторонних включений производится методом сепарирования – механического процесса разделения смеси зерна на составляющие, имеющие более однородный состав. Разделение на фракции производится по набору определенных признаков:

- геометрический размер частиц фракции;
- аэродинамические свойства зерен;
- плотность, форма, состояние поверхности частиц;
- прочие свойства.

С учетом перечисленных и многих других свойств частиц фракций зерновой массы разрабатывается специальная техника, используемая для выделения посторонних компонентов из массы основного продукта – зерна определенной культуры. Машины, выполняющие эту задачу, называются сепараторами [2].

Зерноочистительный сепаратор позволяет решать задачи подготовки зерна к хранению в элеваторах и отправки на конечную переработку путем сортировки поступающей массы по ряду признаков. В зависимости от того, какие примеси или фракции должны быть выделены из потока материала, используются аппараты с разными принципами работы и устройством. Сепарация - разделение, отделение производится с использованием разницы в физических свойствах составных частей зерновой массы [3].

Сепараторы зерна применяются для разделения материала на основные фракции по критериям размера, целостности, однородности. Поступающая на хранение масса может содержать:

- крупное и мелкое зерно - первое пригодно в качестве продовольственного сырья и семенного материала, второе относится к фуражному;
- крупные посторонние фрагменты (камни, почва, инородные предметы);
- поврежденный материал - дробленый, сплюснутый, который тоже относится к отходам;
- пыль, солома, оболочки зерен, не удаленные в процессе первичной очистки комбайном.

Принцип работы и конструкция оборудования позволяют разделить поступающий материал на фракции, выделить полезный продукт, вывести из потока загрязнения, калибровать сырье по пригодности к применению, снизить уровень влажности и снизить вероятность распространения грибка [4].

В зависимости от того, какая фракция должна быть выделена из общей массы поступающего зерна, могут применяться разные физические воздействия на материал. Это обработка в воздушном потоке (аспирационная), очистка решетками в комбинации с воздушной, гравитационное и центробежное разделение - калибровка по размеру и форме, магнитное удаление грубых примесей.

Сепаратор зерна для агрохолдинга, элеватора, отдельного хозяйства может иметь один канал обработки или несколько параллельно/последовательно работающих каналов. Условием получения материала высокого качества остается прохождение нескольких этапов подготовки от обработки комбайном и скальператором до последовательной сепарации.

Очистка решетками

Воздушно-ситовая - материал попадает на сито сепаратора с определенными размерами ячеек, распределяется по нему за счет возвратно-поступательного движения и встряхивания, а пропущенный снизу воздушный поток уносит более легкие частицы - пыль, солому, фрагменты поврежденного зерна [5].

Магнитные установки

Устройство должно выделить из массы зерна частицы металла, окалины, металлическую стружку. Для этого применяется система барабанов, пластин и решеток с электромагнитами, притягивающими металл. Исключение составляют фрагменты алюминия, который необходимо выделять на других этапах обработки.

Воздушное оборудование

Аэродинамическая - в поток воздуха от струйного генератора попадает зерно, которое в зависимости от удельного веса фракции (размеров единичных семян) калибруется с распределением по выходам - более тяжелые семена падают раньше. Этот метод позволяет одновременно продуть зерно, удалить пыль, дробленые семена, выделить семенной материал. За счет продувки происходит частичное осушение массы.

Сепаратор аэродинамического типа обладает высокой пропускной способностью, но требует точной настройки, без которой материал не будет равномерно

распределяться по воздушному потоку [6]. Калибровка с точностью 3 % считается достаточно хорошей для этого этапа обработки.

Гравитационно-центробежные триер-сепараторы

В этом сепараторе материал попадает на диски или цилиндры с углублениями. За счет вращения рабочего тела происходит заполнение углублений семенами определенных размеров, после чего под действием силы тяжести зерно падает на приемные поддоны. В сочетании с продувкой достигается эффект очистки и калибровки с точностью до 85 %.

Зерноочистительные сепараторы являются ключевым оборудованием в современной перерабатывающей промышленности, обеспечивающим высокое качество продукции и эффективность производственных процессов.

Список литературы

1. Горяинов М.Е., Ярыгина И.В. Показатели безопасности продовольственного сырья и сельскохозяйственной пищевой продукции// В сборнике: Молодежь и XXI век - 2019. материалы IX Международной молодежной научной конференции. 2019. С. 224-226.
2. Колядина М.С., Ярыгина И.В. Качество продукции в глобальном масштабе// В сборнике: Молодежь и XXI век - 2021. Материалы XI Международной молодежной научной конференции. В 6-ти томах. Отв. редактор М.С. Разумов. Курск, 2021. С. 85-87.
3. Сариг Н.В. О необходимости проведения испытаний оборудования для перерабатывающей промышленности // Актуальные проблемы современных технологий производства, хранения и переработки. сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 103-106.
4. Уварова А.Г. Проблемы оценки технического уровня продукции// Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 327-332.
5. Уварова А.Г., Помазюк И.Н. Автоматизация управления процессов промышленного производства// Перспективное развитие науки, техники и технологий. сборник научных статей 12-ой Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 348-352.
6. Ярыгина И.В. Модернизация, как способ совершенствования оборудования // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курск, 2021. С. 190-192.

ГАЛКИН АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, магистрант

ГАВРИЛОВ СЕМЁН ДМИТРИЕВИЧ, студент

ЯРЫГИНА ИРИНА ВИКТОРОВНА, к.с.-х., доцент

Курский государственный аграрный университет, г.Курск, Россия

(e-mail: yarygina-irina@rambler.ru)

ФИЛЬТРОВАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗЛИЧНОГО РОДА ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В данной статье говорится о том, что при производстве пищевых продуктов качественная очистка среды существенно влияет на качество конечного продукта, а в лабораториях позволяет проводить исследования, результат которых достоверен.

Ключевые слова: фильтрация, технологические требования, производственный процесс, производственные риски, фильтрационные системы.

Производство продуктов питания – многокомпонентный процесс, в ходе которого важно соблюдать технологические требования. Существует ряд стандартов, которые относятся к чистоте сервисных сред и к готовым продуктам [1]. Использование систем фильтрации позволяет получать стабильный качественный продукт, имеющий заявленные сроки хранения, вкусовые качества, однородность и т.д.

Качественная фильтрация критически важна для безопасности и чистоты пищевых продуктов, так как удаляет вредные микроорганизмы, примеси и аллергены, предотвращая загрязнение и защищая здоровье потребителей. В то же время, она повышает эффективность производственных процессов, устраняя нежелательные частицы, улучшая качество конечного продукта, снижая затраты и обеспечивая соответствие нормативным требованиям, таким как ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции".

Применение фильтрации упрощает технологический процесс и снижает производственные риски, а при производстве некоторых видов напитков/продуктов питания позволяет отказаться от использования химической и термической обработки, что существенно повлияет на конечный вкус продуктов [2,9].

Общие требования и рекомендации по фильтрации на заводах пищевой промышленности:

1. Фильтрация воды:

- Вода технологическая. Предварительная очистка внутренних поверхностей технологического оборудования, емкостей, растворение химических реагентов.

- Вода процессная. Компонентов в линиях, ополаскивание емкостного оборудования и трубопроводов после дезинфекции и санитарной обработки, оборудование филлеров отделения расфасовки, СІР установок ультрафильтрации и ОО [3].

- Продуктовая вода. Наведение полуфабрикатов, растворение компонентов, приготовление джемов.

2. Фильтрация сжатого воздуха и газов.

Качество подготовки сжатого воздуха определяется следующими классами:

- по твердым частицам;
- по влажности и содержанию воды в жидкой фаз;
- по остаточному содержанию масла.

Каждый класс имеет свою градацию и в зависимости от технического процесса к качеству сжатого воздуха или другого газа предъявляются свои требования. Например, для перекачивания продукта из одной емкости в другую к сжатому воздуху предъявляются следующие требования: по твердым частицам – класс 1; по влажности – класс 2; по остаточному содержанию масла – класс 1.

3. Фильтрация водяного пара.

На предприятиях пищевой промышленности к пару, который контактирует с продуктом или будет использоваться для пропаривания емкостей, тары или трубопроводов, применяются следующие параметры: пар должен быть острым и сухим и иметь рейтинг 1 мирон («кулинарный пар»).

Фильтры также позволяют очищать окружающий воздух, который постоянно обновляется с помощью вентиляционного оборудования. Специальные устройства эффективно взаимодействуют и с выделяемыми газами, что позволяет подаваемому воздуху в цех быть очищенным до нужных классов чистоты. Такие же требования предъявляются и к классу вентиляционного воздуха, который из цехов выходит на улицу [4].

Руководители пищевого производства устанавливают фильтрационные системы для:

1. Очистки жидкостей. Это первое, о чем стоит сказать, так как большее внимание уделяется технологической и процессной воде. Фильтры также устанавливаются перед оборудованием для розлива как безалкогольных, так и алкогольных напитков.

2. Поддержки микробиологической безопасности. На предприятии с повышенным уровнем ответственности важно, чтобы в рабочей зоне не было вирусов, бактерий и других микроорганизмов, способных испортить конечный продукт.

3. Снижения нагрузки на оборудование. Техника, применяемая в промышленной отрасли, требует тщательного обслуживания для долгой эксплуатации. Помогает в этом отсутствие посторонних компонентов на клапанах, насосах и других элементах [5,6].

Фильтрация предотвращает попадание в пищу бактерий, вирусов и других микроорганизмов, которые могут вызвать заболевания. Современные системы фильтрации удаляют химические загрязнители, такие как пестициды, а также неорганические частицы, которые могут ухудшать органолептические свойства продукта.

Фильтрация помогает удалить следы аллергенов, что важно для производства безопасных продуктов для людей с пищевой аллергией [7,8].

Эффективная фильтрация помогает соответствовать требованиям технических регламентов, таких как ТР ТС 021/2011, и международным стандартам, обеспечивая выпуск безопасной продукции.

Список литературы

1. Горяинов М.Е., Ярыгина И.В. Показатели безопасности продовольственного сырья и сельскохозяйственной пищевой продукции // В сборнике: Молодежь и XXI век - 2019. материалы IX Международной молодежной научной конференции. 2019. С. 224-226.
2. Агеева А.А., Сариги Н.В., Уварова А.Г., Алыменко Ю.В. Современные подходы в управлении технологической подготовкой производства // В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 12-14
3. Бондарь В.С., Шашкова Е.В., Уварова А.Г. Надежность технологического оборудования // В сборнике: Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование. сборник научных трудов Международной молодежной научно-практической конференции: в 2-х томах. Ответственный редактор: Павлов Е.В., 2015. С. 131-135.
4. Ярыгина И.В. Инженерная экология в современном мире В сборнике: //Приоритетные направления инновационного развития сельского хозяйства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Нальчик, 2020. С. 242-244.
5. Поспехова С.С., Ярыгина И.В. Влияние технологического оборудования на качество продукции // В сборнике: Молодежь и XXI век - 2019. материалы IX Международной молодежной научной конференции. 2019. С. 153-154.
6. Скиданова И.А., Уварова А.Г. Технологическая подготовка производства // В сборнике: Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование. сборник научных трудов Международной молодежной научно-практической конференции: в 2-х томах. Ответственный редактор: Павлов Е.В., 2015. С. 273-277.
7. Уварова А.Г. Технологические достижения в сельском хозяйстве - взгляд в будущее // В сборнике: Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции Чебоксары. Чебоксары, 2022. С. 718-721.
8. Ярыгина И.В. Модернизация, как способ усовершенствования оборудования // В сборнике: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курск, 2021. С. 190-192.
9. Ярыгина И.В. Влияние технологического пищевого оборудования на обрабатываемый продукт // В сборнике: Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее. Сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции. Курск, 2020. С. 288-290.

ГУРЕЕВ ЮРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ, канд. тех. наук, доцент
ПЕТРИЩЕВ ДМИТРИЙ ВИТАЛЬЕВИЧ, магистр
 Курский государственный аграрный университет
 имени И.И. Иванова, г. Курск, Россия
 (e-mail: yuriy.gureev@mail.ru, petr1ner@yandex.ru)

НОВЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ

В статье рассматривается переход от традиционных методов диагностики сельхозтехники к современным цифровым системам. Анализируется интеграция бортовой диагностики, телематики и предиктивной аналитики, позволяющая перейти от реагирующего обслуживания к управлению состоянием парка. Показано, как внедрение этих технологий повышает эксплуатационную эффективность и экономическую отдачу машинно-тракторного парка.

Ключевые слова: системы диагностирования, машинно-тракторный парк, сельскохозяйственная техника, телематика, предиктивная аналитика, ЭБУ, эффективность, техническая готовность, цифровые технологии, агропредприятие.

Сельскохозяйственное производство, являясь основой продовольственной безопасности, в условиях растущей конкуренции и требований к эффективности остро нуждается в максимальной отдаче от каждого элемента производственного процесса. Ключевую роль здесь играет машинно-тракторный парк (МТП), от исправности и готовности которого напрямую зависят сроки и качество выполнения полевых работ. Устаревшие подходы к техническому обслуживанию, основанные на регламентных интервалах или визуальном контроле, сегодня не способны обеспечить необходимую надежность и экономичность. На смену им приходят современные системы диагностирования, базирующиеся на цифровых технологиях, которые кардинально меняют подход к управлению техникой.

Как развивалась диагностика. Традиционные методы диагностики, такие как органолептические (на слух, на ощупь, на глаз) и инструментальные (с использованием штатных измерительных приборов), обладают существенным недостатком – они носят субъективный и зачастую запаздывающий характер. Неисправность, как правило, обнаруживается уже на стадии явного проявления, когда для ее устранения требуются значительные затраты и, что критично, происходит простой агрегата [1].

Современные системы диагностирования можно разделить на две крупные группы:

1. Встроенные (бортовые) системы диагностики.

Большинство новых тракторов, комбайнов и спецмашин оснащаются сложными электронными блоками управления (ЭБУ), которые непрерывно мониторят сотни параметров работы двигателя, трансмиссии, гидросистем и навесного

оборудования. Эти системы в реальном времени отслеживают давление, температуру, обороты, уровни жидкостей, параметры впрыска топлива и многое другое. При отклонении какого-либо параметра от нормы ЭБУ фиксирует ошибку (Diagnostic Trouble Code – DTC), которая сохраняется в памяти и выводится на дисплей оператора. Это позволяет быстро локализовать неисправность еще до того, как она приведет к серьезным последствиям [2].

2. Внешние (стационарные и мобильные) диагностические комплексы.

Эти системы используются для углубленного анализа как на пунктах технического обслуживания, так и непосредственно в поле. Сюда относятся:

- Мотор-тестеры и сканеры: специализированные устройства, подключаемые к диагностическому разъему техники, позволяют не только считывать коды ошибок, но и в реальном времени видеть все параметры работы ЭБУ, строить графики и проводить активные тесты (например, тест форсунок).
- Системы технического зрения и виброакустического анализа: используют камеры высокого разрешения и чувствительные микрофоны/вибродатчики для обнаружения дефектов, невидимых человеческому глазу, таких как микротрещины, люфты в подшипниках или утечки в гидравлике по спектральному анализу звука.
- Анализ рабочих жидкостей (масел, гидравлики): лабораторный или экспресс-анализ проб позволяет оценить степень износа узлов по наличию металлической стружки, изменению химического состава и вязкости. Это мощный инструмент прогнозирования остаточного ресурса деталей [3].

Телематика и предиктивная аналитика. Наиболее значимым современным трендом является слияние бортовой диагностики с технологиями телематики и интернета вещей. Установленные на машинах телематические модули через сотовые сети передают весь массив диагностических данных с электронных блоков управления на удаленные серверы в режиме, близком к реальному времени. Это создает централизованную цифровую платформу для управления всем парком техники. Однако истинная ценность этого подхода раскрывается на следующем уровне — уровне предиктивной аналитики. Простая регистрация кода ошибки уже является пройденным этапом. Современные системы, используя алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта, учатся анализировать не отдельные сбои, а тренды в изменении параметров. Медленный, но неуклонный рост температуры в системе охлаждения, постепенное падение давления в гидравлическом контуре или изменение характера вибраций двигателя — все это может быть проанализировано системой. В результате она способна не сообщить о неисправности, а спрогнозировать ее вероятность за dozens или даже сотни моточасов до критического момента. Это позволяет сельхозпредприятию перейти к предиктивному обслуживанию, планируя замену изнашивающегося узла в технологическое «окно», исключая внезапный простой в разгар полевых работ, и заблаговременно заказывая необходимые запчасти, что оптимизирует логистику и снижает затраты [4].

Оценка эффективности внедрения. Эффективность внедрения современных систем диагностики носит многогранный и взаимосвязанный характер, прояв-

ляясь в экономических, операционных и стратегических аспектах. На экономическом уровне происходит значительное сокращение прямых затрат на ремонт, поскольку дефекты устраняются на ранних стадиях, предотвращая каскадное разрушение смежных узлов. Сокращение незапланированных простоев напрямую конвертируется в сохраненный урожай и выполнение агротехнических сроков, что является критически важным для рентабельности. Экономия горюче-смазочных материалов достигается за счет постоянного мониторинга режимов работы и своевременного выявления систем, работающих неоптимально. На операционном уровне ключевым достижением является радикальное повышение коэффициента технической готовности парка, что увеличивает его оборачиваемость и отдачу. Стратегическая же эффективность заключается в формировании полной и объективной истории каждой машины, что позволяет принимать обоснованные решения о ее дальнейшей модернизации, продаже или списании, основываясь не на субъективных впечатлениях, а на точных данных о ее техническом состоянии и произведенных затратах на обслуживание [5].

Таким образом, современные системы диагностирования машинно-тракторного парка преодолели путь от простого инструмента поиска неисправностей до становления краеугольным камнем в системе управления производственными активами агропредприятия. Их развитие от субъективных методов к комплексным цифровым платформам, объединяющим встроенную диагностику, телематику и предиктивную аналитику, знаменует собой переход к новой философии эксплуатации техники. Эта философия базируется на предвидении и упреждающем управлении, а не на реакции. Внедрение таких систем сегодня является не просто конкурентным преимуществом, а необходимым условием для обеспечения устойчивости, рентабельности и технологической независимости сельскохозяйственного производства в условиях растущих требований и глобальных вызовов.

Список литературы

1. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учебное пособие / составители В. Г. Игнатенков [и др.]. — Великие Луки: Великолукская ГСХА, 2022. — 215 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/340337> (дата обращения: 18.09.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Гуреев, Ю. А. Определение вместимости бункеров модернизированной сеялки по тяговому сопротивлению / Ю. А. Гуреев // Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 28–29 января 2016 года / Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. Том Часть 2. — Курск: Курская ГСХА, 2016. — С. 244–247.
3. Кожевников, М. С. Методика определения оптимальных размеров кузова разбрасывателя органических удобрений / М. С. Кожевников, К. С. Шевцов, Ю. А. Гуреев // Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса: материалы IV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 15 ноября 2023 года. — Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2024. — С. 245–250.
4. Водяников, В. Т. Организация предпринимательской деятельности и управление в АПК: Учебник для вузов / В. Т. Водяников. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-8932-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.

— URL: <https://e.lanbook.com/book/200294> (дата обращения: 23.09.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Шор, М. И. К вопросу ремонта турбокомпрессоров автотракторных двигателей / М. И. Шор, Ю. А. Гуреев, Н. И. Белоусов // Инновационные решения для АПК, Рязань, 16 февраля 2023 года / МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА» СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ ФГБОУ ВО РГТУСОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 47-51.

ПРАЛИЕВА ЮЛИЯ СЕРГЕЕВНА, к. с.-х. н., доцент

ОРЛОВА МАРИНА АЛЕКСАНДРОВНА, к.п.н., доцент

Самарский государственный аграрный университет, г.Самара, Россия

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Данная статья посвящена вопросам проектирования и оптимизации внутрихозяйственных оросительных систем в Приволжском районе Самарской области. Рассматриваются ключевые этапы разработки проектов, оценка состояния действующих систем, а также предлагаются меры по повышению их эффективности и надежности. Особое внимание уделяется инженерно-геодезическим изысканиям, выбору технологий подачи воды и организации инфраструктуры.

Ключевые слова: оросительная сеть, коллектор, канал, инженерно-геодезические изыскания, топографический план.

Орошение является важным элементом сельскохозяйственной деятельности, особенно в регионах с ограниченными водными ресурсами. Эффективность внутрихозяйственных оросительных систем оказывает значительное влияние на продуктивность сельского хозяйства и экономическое развитие региона. Поэтому создание современных и надежных оросительных систем становится приоритетной задачей для повышения устойчивости агропромышленного комплекса [1, 2, 3].

Тем более, что в настоящее время действуют программы субсидирования, позволяющие компенсировать часть средств сельскохозяйственным товаропроизводителям, которые несут издержки при мелиорации. [4].

Целью исследования является разработка эффективных решений для проектирования и модернизации внутрихозяйственных оросительных систем в Приволжском районе Самарской области. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: 1. Анализ текущего состояния оросительных систем. 2. Определение оптимального распределения водных ресурсов. 3. Выбор наилучших технических решений для реализации проекта. 4. Оценка экономических и экологических последствий реализации проекта.

Процесс проектирования внутрихозяйственных оросительных систем включает несколько ключевых этапов:

1. Сбор и анализ информации. На данном этапе собирается и анализируется информация о текущих оросительных системах, включая: площадь орошаемых земель; источники водоснабжения; типы орошения и т.п.

2. Оценка эффективности существующих систем. Осуществляется обследование земельных участков и опрос пользователей воды для выявления проблем и оценки эффективности действующих систем.

3. Разработка рекомендаций. Формулируются рекомендации по улучшению существующих систем и созданию новых, учитывающие местные климатические и геологические условия.

4. Составление отчета. Итоговая документация представляется заинтересованным сторонам, включая государственные органы и пользователей воды.

Были выявлены особенности проектирования конкретных элементов системы в соответствии с техническим заданием на проектирование, выданного ООО «СЕВ-07» Приволжского района Самарской области. Полив осуществляется с применением широкозахватных дождевальных оросительных установок, Linestar 203/168 LL фронтального типа Австрийской фирмы Bauer - 15,0 штук, а также барабанных дождевальных машин модели Turbocar – 6 единиц с забором воды из открытых оросительных каналов. Площадь орошения: нетто – 2690,50 га, брутто – 2794,17 га. Коэффициент землеиспользования -0,96 %.

Техническая схема оросительной системы, плановое расположение дождевальных машин фронтального типа с водозабором из открытых каналов, выполнена с учетом конструктивных параметров дождевальных машин, геометрии и рельефа участка.

Рассмотрены конструктивные решения отдельных элементов оросительной системы, таких как:

Коллектор К-1: Забор воды из Куйбышевского обводнительно-оросительного канала, установка камер аварийного выключения и учета воды.

Каналы К-1 и К-1.1: Параметры поперечного сечения, уклоны, использование геомембраны и подложки из геотекстиля.

Водоспуски: Устройство трубчатых переездов, монтаж затворов и сороудерживающих решеток.

Дюкеры: Конструкция монолитных колодцев, соединение стальными трубами, устройство защитных слоев и укрепление основания.

Полив осуществляется с применением дождевальных машин фронтального типа (стационарные широкозахватные дождевальные машины нового поколения) с забором воды из открытых оросительных каналов со следующими характеристиками, представленными в таблице.

Параметры каналов разработаны на основании технологического процесса эксплуатации и гидравлического расчета.

Канал К. В соответствии с существующим рельефом и гидравлическим расчетом канала К приняты следующие продольные уклоны: с ПК00+00 до ПК03+30,4 уклон дна канала принят $i=0,0006$. Глубина канала колеблется от

1,40 до 1,60 м. Параметры поперечного сечения: - вид сечения - трапецидальное; - ширина по дну - 5.0 м; - заложение откосов - 1:1.5; -крепление канала - ПВХ LLDPE 1.0мм; -подложка под геомембрану из геотекстиля 200г/м2. Углы поворота: - отсутствуют.

Таблица

Технические характеристики машин для внутрихозяйственного орошения в Приволжском районе Самарской области

N/маш	Длина машины, м	Длина левого крыла, м	Длина правого крыла, м	Гидро модуль	Площадь орошения, га	Длина гона, м	Расход воды, м ³ /ч	Расход воды, л/с
1	995,3	491,8	503,5	1,09	160,2	1605	629,8	174,94
2	995,3	491,8	503,5	1,12	183,0	1834	739,2	205,33
3	994,0	473,0	521,0	1,08	180,6	1812	703,0	195,28
4	1030,3	509,3	521,0	1,09	204,8	1982	805,4	223,72
5	1272,1	641,9	630,2	1,08	213,0	1672	827,5	229,86
6	724,4	251,4	473,0	1,09	204,3	1802	514,7	142,97
7	1030,3	509,3	521,0	1,09	243,3	1977	805,0	223,61
8	1017,7	576,2	441,5	1,02	203,3	2450	890,4	247,33
9	827,6	239,7	587,9	1,0	193,3	2450	746,8	207,44
10	977,7	491,8	485,9	1,10	193,3	1971	763,6	212,11
11	1042,1	538,6	503,5	1,10	205,9	1971	814,4	226,22
12	1042,0	532,7	509,3	1,10	205,8	1971	814,7	226,31
13	856,9	347,6	509,3	1,10	152,1	1769	604,5	167,92
14	977,7	491,8	485,9	1,10	193,3	1971	763,6	212,11
15	977,7	491,8	485,9	1,08	185,9	1896	725,3	201,47
					2859,7		11147,9	3096,64

Канал К-1. В соответствии с существующим рельефом и гидравлическим расчетом канала К-1 приняты следующие продольные уклоны:

- с ПК00+00 до ПК58+19,55 уклон дна канала принят $i=0,00007$;
- с ПК58+19,55 до ПК69+15 уклон дна канала принят $i=0,00027$;
- с ПК69+15 до ПК72+09,9 устройство дюкера №5 (уклон труб 2-ух ниток ПЭ100 SDR17 $\varnothing 1000$ мм в футляре ст. $\varnothing 1220 \times 10$ мм принят $i=0,001$);
- с ПК72+09,9 до ПК110+59,3 уклон дна канала принят $i=0,00005$;
- с ПК110+59,3 до ПК112+46,46 уклон дна канала принят $i=0,00006$;
- с ПК112+46,46 до ПК130+79,20 уклон дна канала принят $i=0,00005$.

Глубина канала колеблется от 1,40 до 1,86 м. Параметры поперечного сечения: - вид сечения - трапецидальное. - ширина по дну - с ПК00+00 до ПК58+19,55 – 5.0 м; - с ПК58+19,55 – ПК69+15 – 4.0 м; - с ПК72+09,9 – ПК112+46,46 – 4.0м; - с ПК112+46,46 – ПК130+79,20 – 3.0м. - заложение откосов - 1:1.5; -крепление канала - ПВХ LLDPE 1.0мм; -подложка под геомембрану

из геотекстиля 200г/м2. Углы поворота: -ПК58+19,55 – УП№1 - 90°; - ПК68+26,80 – УП№2 - 90°; -ПК110+59,3 – УП№3 - 90°.

Канал К-1.1. В соответствии с существующим рельефом и гидравлическим расчетом канала К-1.1 приняты следующие продольные уклоны: с ПК00+00 до ПК58+50 уклон дна канала принят $i=0,00005$. Глубина канала колеблется от 1,40 до 1,695 м. Параметры поперечного сечения: - вид сечения - трапецидальное; - ширина по дну - 1.0 м; - заложение откосов - 1:1.5;

-крепление канала - ПВХ LLDPE 1.0мм; -подложка под геомембрану из геотекстиля 200г/м2. Углы поворота - отсутствуют.

В подготовительном этапе подготовки проектной документации были разработаны два варианта оросительной системы, просчитаны гидравлические расчеты, выбраны диаметры труб и сечения оросительных каналов, просчитаны локальные сметы по вариантам.

Проектной организацией были предложены следующие варианты:

1. Закрытая оросительная система;
2. Открытая оросительная система.

В результате всех проделанных расчетов и определения сметной стоимости строительства данный вариант открытой оросительной системы оказался самым надежным, экономически выгодным и правильным.

Исследовались так же условия проведения инженерных изысканий, включая: правильность выбора методов и приборов, безопасность проведения работ, учёт геологических, гидрологических и геоморфологических особенностей местности, соответствие государственным стандартам и требованиям [5].

По результатам исследования можно сформулировать практические рекомендации по внедрению усовершенствованных оросительных систем, включая: оптимизацию водного баланса, улучшение конструкции каналов и водоспусков, повышение энергоэффективности и экологической безопасности.

Исследование показало необходимость модернизации существующих оросительных систем и внедрение инновационных технологий. Предложенные решения позволят повысить эффективность использования водных ресурсов, снизить издержки и обеспечить устойчивое развитие аграрного сектора.

Таким образом, данная статья направлена на систематизацию подходов к проектированию и оптимизации внутрихозяйственных оросительных систем, что способствует решению важных практических задач и достижению устойчивого экономического роста в регионе.

Список литературы

1. Мазурова, И. С. Анализ мелиоративного состояния оросительных систем Саратовской области / И. С. Мазурова // Экология и строительство. – 2024. – № 2. – С. 4-10.
2. Сенчуков, Г. А. Моделирование процессов водораспределения на Пролетарской оросительной системе / Г. А. Сенчуков, Т. С. Пономаренко // Мелиорация и гидротехника. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 141-156.
3. Шадских, В. А. Эффективное управление водными ресурсами при орошении соевых агроценозов в Поволжье / В. А. Шадских, В. Е. Кижаяева, В. О. Пешкова // Экология и строительство. – 2022. – № 2. – С. 4-11.

4. Брыль, С. В. Сравнительный анализ затрат на строительство оросительных систем для выращивания сельскохозяйственных культур в Центральном федеральном округе / С. В. Брыль, А. А. Медведева // Экология и строительство. – 2024. – № 2. – С. 17-23.

5. Иралиева, Ю. С. Особенности проведения инженерно-геодезических изысканий при строительстве оросительных систем / Ю. С. Иралиева, О. А. Лавренникова // Столыпинский вестник. – 2023. – Т. 5, № 8.

МИНАЕВ ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ, к.т.н., ген. директор
ООО НПП «ТЕЛАР»

(e-mail: ivminaev1960@yandex.ru)

²ООО НПП «ТЕЛАР», г. Тула, Россия

ЧУКАНОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, д.т.н., вед. научн. сотрудник
(e-mail: alexchukanov@yandex.ru)

КУТЕПОВ СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ, к.п.н., доцент
(e-mail: kutepovsn@yandex.ru)

КЛЕМЕНТЬЕВ ДЕНИС СЕРГЕЕВИЧ, ст. преподаватель
(e-mail: denis.klementev.93@mail.ru)

ЦОЙ ЕВГЕНИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, ст. преподаватель
(e-mail: tsoyev@tspu.ru)

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого,
г. Тула, Россия

ЛАЗЕРНАЯ МИКРООБРАБОТКА И КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ ХГДН НА ИЗДЕЛИЯХ ИЗ СТАЛИ 20

В данной статье описано влияние комплексной лазерной микрообработки (КЛМО) на коррозионную стойкость порошковых покрытий никеля, цинка, алюминия и их смесей, нанесённых методом холодного газодинамического напыления (ХГДН) на поверхность образцов конструкционной стали марки 20.

КЛМО включала предварительное лазерное микроструктурирование (ЛМС) и завершающее лазерное модифицирование (ЛМ).

Установили, что максимальную коррозионную стойкость поверхностей изделий из стали 20 обеспечивает КЛМО в составе предварительного ЛМС механически обработанной поверхности, нанесении на него ХГДН покрытий порошками Ni или его смеси с Al и Zn толщиной не менее 50...60мкм с завершающим процесс лазерным модифицированием покрытия.

Ключевые слова стали 20, холодное газодинамическое напыление, лазерная микрообработка, покрытие, коррозионная стойкость

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники ДС/161 (2024 г.).

Введение. Современная техника АПК активно использует коррозионностойкие материалы и покрытия из них. В условиях эксплуатации техника АПК подвергается воздействию природных и технологических агрессивных сред (влаги,

солей, химических реагентов, наносимых на поля). Это требует разработки новых эффективных антикоррозионных материалов и покрытий, защищающих рабочие органы машин и механизмов АПК и обеспечивающих их долговечность [1,2].

Одной из перспективных технологий создания функциональных покрытий с заданными физико-механическими характеристиками является холодное газодинамическое напыление (ХГДН). Наносимые этим способом коррозионно-стойкие покрытия порошками никеля, цинка, алюминия применяют по многим отраслям промышленности для ремонта и восстановления служебных свойств машин и механизмов.

В последние годы процессы ХГДН покрытий совмещают с лазерными технологиями поверхностной обработки [1]. Комбинация ХГДН с лазерной микрообработкой позволяет управлять микроструктурой покрытия, параметрами его шероховатости и адгезии, открывая новые возможности создания покрытий с заданными триботехническими, антикоррозионными и гидрофобными свойствами [2,3]. Отсутствие систематизированных экспериментальных сведений о влиянии лазерной микрообработки покрытий ХГДН (управляемого профилирования и модифицирования) на их коррозионную стойкость в контакте с различными агрессивными средами тормозит внедрение указанной технологии.

Цель работы - изучение влияния комплексной лазерной микрообработки (микроструктурирования, модифицирования) на коррозионную стойкость порошковых покрытий, формируемых ХГДН на конструкционной стали марки 20, в контакте с различными агрессивными средами.

Материалы и методы исследования. Объекты исследования - порошковые покрытия на основе никеля, цинка, алюминия и их смесей, нанесённые на поверхность образцов стали марки 20. Составы порошков приведены в табл. 1.

Таблица 1
Составы и стандарты изготовления напыляемых металлических порошков

№ п/п	Тип порошка	Марка порошка	Химический состав порошка, мас. %	Изготовлен по техническим условиям
1	Ni	N3-00-02	Ni (57); Al ₂ O ₃ (43)	24.45.21-015-40707672-2020
2	Zn	Z-00-11	Zn (50); Al ₂ O ₃ (50)	24.43.22-013-407076072-2020
3	Al + Zn	A-80-13	Al(55) + Zn(15) + Al ₂ O ₃ (30)	24.42.21-011-40707672-2020
4	Ni + Zn	N3-00-02	Ni (50)+ Zn(20) + Al ₂ O ₃ (30)	24.45.21-015-40707672-2020

Покрытия наносили методом ХГДН на установке ДИМЕТ-412. Толщина напыляемых покрытий составляла 20...60мкм. После ХГДН все покрытия подвергали лазерному модифицированию по режимам, представленным в табл. 2.

Таблица 2

Режимы лазерного модифицирования покрытий

№ режима	Фокусное расстояние, мм	Частота, кГц	Мощность, Вт	Скорость, мм/мин
1	263	50	7,5	2000
2	263	50	10,5	2000
3	263	80	13,5	2000
4	263	80	16,5	2000

1. Перед нанесением покрытий на поверхности подложек стали 20 проводили предварительное ЛМС для формирования заданного микропрофиля. 2. На структурированные поверхности ХГДН наносили покрытия указанными порошками. 3. Полученные покрытия подвергали ЛМ.

Методика коррозионных испытаний. Использовали следующие химические реактивы: - $NaCl$ – хлорид натрия 98,4%; - H_2O_2 – диоксид (пергидроль) водорода, 3% водный раствор [4-6]. Алгоритм испытаний: 1. На покрытую металлическим порошком поверхность образца наносили водный раствор диоксида водорода. 2. После этого сверху насыпали сухую смесь хлорида натрия в равных долях с диоксидом водорода. 3. Нанесённые реактивы оставляли на 24 часа при комнатной температуре (до высыхания смеси). 4. После выдержки удаляли с поверхности засохшую смесь. Образцы промывали водой и сушили. 5. Проводили макро- и микроскопическое исследование поверхностей покрытий на предмет появления на них продуктов коррозии и других соединений.

Примечание. Для сравнения результатов операции по п.п. 1...5 проводили также на поверхностях образцов стали 20 без покрытий непосредственно после их механической обработки (шлифования).

Микроструктурный анализ покрытий проводили на цифровом микроскопе *Leyes T20-2*

Анализ результатов испытаний. Макро- и микроскопическим анализом установили, что на поверхностях сформированных покрытиях реализуются следующие химические реакции и формируются следующие их продукты.

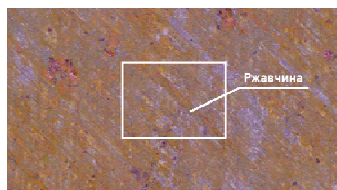
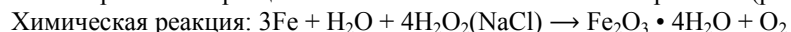


Рис. 1. Поверхность стали 20 после механической обработки, х50 (ржавчина - $Fe_2O_3 \cdot 4H_2O$ (гидротированный оксид трёхвалентного железа))

1. Поверхность образца стали 20 после механической обработки (рис.1).



На поверхности практически полностью присутствует слой ржавчины (Fe_2O_3).

2. Поверхность после ЛМС, покрытая порошком никеля толщиной 50...60мкм.

Химическая реакция. $Ni + H_2O + 3H_2O_2(NaCl) \rightarrow$ реакция на поверхности отсутствует. Поверхность никелевого покрытия остаётся монолитной без следов реакции с химическими реактивами (рис. 2).

3. Поверхность после ЛМС + ХГДН + ЛМ (образец МППМ), покрытая порошком никеля толщиной 50...60мкм (рис. 3).



Рис. 2. Никелевое покрытие после предварительного ЛМС и ХГДН Ni, х50

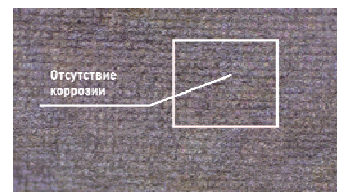


Рис. 3. Никелевое покрытие после комплекса ЛМС+ХГДН+ЛМ, (толщина покрытия 50...60 мкм), х50

4. Поверхность образца стали 20, покрытая порошком никеля толщиной 10...20мкм (рис. 4).

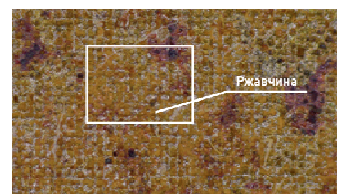
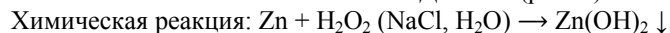


Рис. 4. Никелевое покрытие после комплекса ЛМС+ХГДН+ЛМ, (толщина покрытия 10...20 мкм) х50

Химическая реакция: $Fe_2O_3 \cdot 4H_2O$. На поверхности покрытия появились на ~30% от общей площади следы ржавчины.

5. Поверхность образца стали 20, покрытая порошком цинка толщиной 50...60мкм после комплекса ЛМС+ХГДН+ЛМ (рис. 5).



На 20% от площади поверхности покрытия образуется белый налёт $Zn(OH)_2$ (гидроксид цинка).

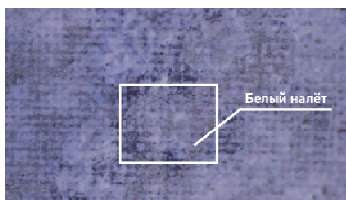


Рис. 5. Поверхность покрытия Zn после комплекса ЛСМ+ХГДН+ЛМ, (толщина покрытия 50...60 мкм, белый налёт - гидроксид цинка), x50

6. Поверхность образца стали 20, покрытая механической смесью порошков алюминий + цинк (50/50) толщиной 50...60 мкм после комплекса ЛСМ+ХГДН+ЛМ (МПМ).

Химические реакции: $Zn + H_2O_2 (NaCl, H_2O) \rightarrow Zn(OH)_2 \downarrow$ (гидроксид цинка)
 $2Al + 3H_2O_2 (NaCl, H_2O) \rightarrow 2Al(OH)_3 \downarrow$ (гидроксид алюминия)

На не более 10% площади поверхности образуется светло-серый налёт, состоящий из смеси гидроксидов цинка и алюминия.

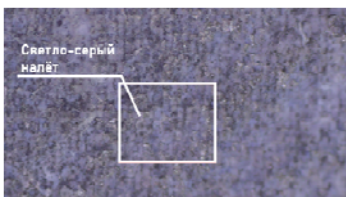


Рис. 6. Поверхность покрытия (Al + Zn) после комплекса ЛСМ+ХГДН+ЛМ, (толщина покрытия 50...60 мкм, светло-серый налёт – $[Zn(OH)_2 + Al(OH)_3]$, x50

7. Поверхность образца стали 20, покрытая механической смесью порошков никель + цинк (50/50) толщиной 50...60 мкм после комплекса ЛСМ+ХГДН+ЛМ (МПМ). Химические реакции:

$Ni + H_2O + 3H_2O_2 (NaCl) \rightarrow$ Реакция никеля на реактивы отсутствует.

$Zn + H_2O_2 (NaCl, H_2O) \rightarrow Zn(OH)_2 \downarrow$ На менее чем на 10% площади поверхности образца образуется белый налёт.

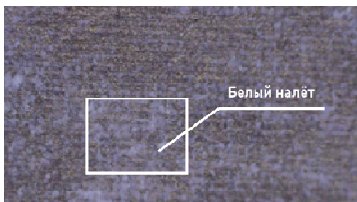


Рис. 7. Поверхность покрытия (Ni + Zn) после комплекса ЛСМ+ХГДН+ЛМ, (толщина покрытия 50...60 мкм, белый налёт – $Zn(OH)_2$ (гидроксид цинка)), x50

Выводы. По результатам комплексной КЛМО (ЛМС+ХГДН+ЛМ) заключили.

1. Контрольная механически обработанная поверхность образца стали 20 после обработки использованным реактивом на всей площади покрывается коррозией.

2. Никелевое покрытие ХГДН на поверхность образца стали 20 толщиной слоя менее 20мкм, не обеспечивает полной коррозионной стойкости, вступая в реакцию с реактивами. Следы ржавчины наблюдали на ~30% площади поверхности образца.

3. Никелевое покрытие ХГДН на поверхность образца стали 20 толщиной слоя более 50мкм, полностью сохраняет коррозионную стойкость, не реагируя на все использованные химические реактивы.

4. Цинковое покрытие ХГДН на поверхность образца стали 20 толщиной слоя 50...60мкм, образует на поверхности под воздействием реактивов соединение гидроксида цинка на 20% площади. Ржавчина отсутствует.

5. Покрытие ХГДН механической смесью порошков Al + Zn на поверхность образца стали 20, под воздействием коррозионной среды образует на площади не более 10% гидроксид алюминия и гидроксид цинка. Ржавчина отсутствует.

6. Покрытие ХГДН механической смесью порошков Ni + Zn на поверхности образца стали 20, толщиной 50...60мкм, под воздействием коррозионной среды образует на площади не более 10% гидроксид цинка. Никель в реакцию не вступает.

7. Максимальная коррозионная стойкость поверхностей изделий из стали 20 достигается при предварительном ЛМС механически обработанной поверхности, нанесении на него ХГДН покрытий порошками Ni и его смеси с Al и Zn толщиной 50...60мкм с завершающим процесс лазерным модифицированием покрытия.

Список литературы

1. Получение покрытий методом холодного напыления с последующей лазерной обработкой / А. В. Маранц, А. А. Сова, В. К. Нарва, И. Ю. Смуров // Упрочняющие технологии и покрытия. 2013. № 8(104). С. 21-28.
2. Минаев И.В., Чуканов А.Н., Цой Е.В., Кутепов С.Н., Клементьев Д.С., Гольшев И.В. Влияние лазерного микроструктурирования и модифицирования на адгезионную прочность покрытий из порошковых композиций//VI Межд. научно-практич. конф «Современные проблемы и направления развития металловедения и термической обработки металлов и сплавов».-.(16.05.2025г., Курск). Сб. научн. статей. - Юго-Зап. гос. ун-т,- Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2025. – 170 с., С. 118-122.
3. Верещагин М. Н., Целуева С. Н., Целуев М. Ю. Модифицирование поверхностных слоев металлических деталей импульсной лазерной обработкой // Литье и металлургия. 2020. № 1. С. 99-109.
4. Вейко В.П., Дышловенко С.С. Лазерное микроструктурирование поверхностей // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2001. Т. 1. № 4. С. 119-128.

5. Кутепов С. Н., Клементьев Д. С., Минаев И. В., Чуканов А. Н. Влияние режимов лазерного модифицирования на шероховатость покрытий из порошковых композиций//XXI Всеросс. научно-практич. конф. с межд. уч. «Технологическое образование: достижения, инновации, перспективы».– (18-19.03.2025 г.) – Тула, Научное издание: Тула, ТГПУ им. Л.Н. Толстого. 2025 – С. 65-70.

6. Минаев И.В. Влияние режимов лазерного микроструктурирования на концентрацию углерода и уровень остаточных напряжений в поверхностном слое изделий из углеродистых сталей // Известия ЮЗГУ. Серия: Техника и технологии. – 2025. -Т.15. - № 1. – С. 27-39.

ПАШКОВ НИКИТА ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, магистр
ПАШКОВА МАРИНА ИВАНОВНА, к.с.-х.н., доцент

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова,
г. Курск, Россия
(e-mail: marina010104@yandex.ru)

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА УРОВЕНЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПОЧВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье анализируется текущее состояние почв Курской области, приводятся примеры применения технологий точного земледелия в регионе и различных областях Российской Федерации, рассмотрены влияния интенсивного земледелия на уровень экологической нагрузки почвы.

Ключевые слова: почва, чернозем, точное земледелие, почвы, дроны, биогаз.

Курская область — регион с одним из лучших чернозёмов в России. Эти почвы дают хорошие урожаи, однако интенсивная обработка чернозёма снижает содержание гумуса в почве. Это приводит к образованию уплотнений, росту риска эрозий, повышению выноса питательных веществ в грунтовые воды и реки. Таким образом, обработка почвы без применения современных технологий приведет через определенное время к резкому снижению продуктивности полей и росту затрат земледельцев. Одним из основных технологий возделывания почвы в последнее время является точное земледелие.

Точное земледелие даёт простую идею: не вносить всё одинаково по всему полю, а подстраиваться под реальные нужды растений и почв [1, 4].

В Курской области есть хозяйства и агрохолдинги, которые используют элементы точного земледелия. Крупные агропроизводители региона, например Мираторг, применяют системы мониторинга полей и современную технику, позволяющие работать точнее и экономнее. Другие предприятия используют дистанционный контроль и технологии управления внесением удобрений.

В регионе работают поставщики и интеграторы решений по точному земледелию, к которым могут обращаться хозяйства — от систем навигации до картирования полей. Это важный момент: техника и сервисы уже доступны, нужно лишь расширить их применение [2].

Технологии точного земледелия помогут решить проблемы Курской области с избыточным внесением удобрений. При равномерном распределении удобре-

ний одни участки получают лишнее, другие — недостаточно. Это ведёт к выносу азота и фосфора в воду и к потере экономического эффекта. Внедрение дифференцированного внесения (VRT) уменьшает эти риски.

Для борьбы с эрозией почв и снижением потери гумуса в регионе применяют контурную обработку почв, используют посев покровных культур, разрабатывают специальные карты склонов.

Датчики, спутниковые снимки и дроны помогают заранее увидеть зоны переуплотнения и локальные проблемы с влагой. Автопилоты и оптимизация маршрутов сельскохозяйственной техники снижают расход топлива и уменьшают углеродный след [3,7].

Современные технологии точного земледелия широко используются в других регионах Российской Федерации.

В Краснодарском крае активно применяют дроны для мониторинга и опрыскивания. Дроны дают быстрый снимок состояния посева и позволяют точно вносить средства защиты растений или подкормки. Это снижает расход пестицидов и уменьшает эрозивное поражение почвы. Для Курской области дроны удобны тем, что они оперативно показывают засуху, очаги болезней и зоны недостатка удобрений, особенно на больших полях.

В Белгородской области реализуются проекты по биогазу, где навоз перерабатывают в энергию и органическое удобрение. Это снижает риск неконтролируемого подвоза навоза на поля, уменьшает потери азота и другие загрязнения. Курские сельхозпроизводители могут использовать аналогичный подход на кооперативной основе.

В Томской области и других регионах есть успешные примеры небольших биогазовых установок для ферм, которые экономически оправданы и одновременно решают вопросы утилизации органики. Для Курской области такие установки могли бы стать практической альтернативой большим очистным сооружениям при наличии кооперации нескольких хозяйств.

В России есть компании IT-интеграторы и отечественные сервисы (AgroNote, STZ и др.), которые предоставляют полный цикл: картография, почвенные исследования, софт для VRT и сервисы мониторинга. Работая с такими интеграторами, Курские хозяйства могут получить готовые рабочие решения без долгого «самосборочного» этапа. Это особенно важно для мелких и средних фермеров [5].

Курская область уже имеет отдельные примеры внедрения технологий точного земледелия. Следующий шаг — связать эти локальные идеи в понятную систему: мониторинг (дроны/спутник), карты почв, доступный VRT и утилизация органики через биогаз. Российские примеры из Краснодарского края, Белгородской и Томской областей показывают, что такие меры реально снижают нагрузку на почвы и сразу дают экономический эффект. Для Курска важны простые, практичные шаги: агрохабы, аренда услуг, пилоты с участием вуза и целевые кооперативные проекты по утилизации навоза. Эти меры помогут сохранить чернозём и получать стабильные урожаи без лишнего вреда для природы [1,6].

Список литературы

1. Петров В.И., Иванова Е.А. Точное земледелие: мировой опыт и перспективы в России // АгроИнновации. -2022.-№4.- С.34-42.
2. Отчет «Технологии точного земледелия в Курской области», Министерство сельского хозяйства Курской области, 2023.
3. Пашкова М.И., Пашков Н.В. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // В сб.: Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе. Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Курск, 2024. С. 35-36.
4. Малышева Е.В., Привало К.И., Пашкова М.И. Математическое моделирование – один из современных методов программирования урожая сельскохозяйственных культур// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2025.-№1.- С.13-19.
5. Пашкова М.И., Чемеров К.Г. Экономико-математическое моделирование в сельском хозяйстве //В сб.: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России / Сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2022. С.-155-157.
6. Воронкина А.Н., Морозова В.В. Инновационные технологии в инженерно-техническом обеспечении сельскохозяйственного производства: вызовы и перспективы// В сб.: Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса. Материалы IV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Курск, 2024. С.312-315.
7. Шварц А.А., Таныгин О.Ф., Ветров И.Ю. Виды и механизация внесения удобрений// В сб.: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курск. 2021.- С.168-171.

СЕМЕНОВ ДАНИИЛ СЕРГЕЕВИЧ, аспирант
ГАЛКИН АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, магистрант
УВАРОВА АННА ГЕОРГИЕВНА, к.т.н., доцент
 (a.g.uvarova@yandex.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, Россия

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СОХРАНЕНИЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Современное развитие технологий позволяет нам использовать инновационные методы хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Эти методы позволяют не только продлить срок годности продуктов, но и сохранить их полезные свойства, а также улучшить их вкусовые качества. От простого хранения в погребах и подвалах мы переходим к использованию современных технологий, которые позволяют нам сохранить свежесть и качество продукции на протяжении долгого времени.

Ключевые слова: обеспечение пищевой безопасности, инновационные методы хранения, вакуумная упаковка, глубокая заморозка

Одним из таких инновационных методов является вакуумная упаковка. Путем извлечения воздуха из упаковки, мы создаем вакуумный эффект, который помогает увеличить срок годности продуктов. Вакуумная упаковка также помогает сохранить полезные вещества и витамины в продуктах, что является особенно важным при хранении фруктов и овощей [1]. Благодаря этому методу, мы можем наслаждаться свежими овощами и фруктами вне зависимости от сезона.

Другим инновационным методом является использование хладагентов при хранении продуктов. Хладагенты позволяют поддерживать оптимальную температуру и влажность в хранилищах, что помогает сохранить свежесть и качество продуктов. Этот метод особенно полезен при хранении мясных и молочных продуктов, так как помогает предотвратить размножение бактерий и сохранить безопасность пищевых продуктов[2,5].

Таким образом, инновационные методы хранения и переработки сельскохозяйственной продукции играют важную роль в современном мире. Они позволяют нам сохранить полезные свойства и свежесть продуктов, а также обеспечить безопасность пищевых продуктов. Благодаря этим методам, мы можем наслаждаться разнообразной и качественной пищей в любое время года.

Инновации в хранении продукции

Контролируемая атмосфера

Одной из инновационных технологий хранения является контролируемая атмосфера. В данном методе создается специальная атмосфера в хранилище, которая поддерживается на определенном уровне в течение всего периода хранения. Это позволяет контролировать концентрацию кислорода, углекислого газа и влажности, что предотвращает развитие микроорганизмов и способствует сохранению качества продукции[3].

Модифицированная атмосфера

Еще одним инновационным методом является использование модифицированной атмосферы. В этом случае изменяется состав атмосферы в хранилище путем добавления специальных газов или удаления излишков кислорода. Такая атмосфера подавляет деятельность микроорганизмов и замедляет процессы окисления продукции, что позволяет увеличить сроки хранения.

Вакуумная упаковка, методы обработки холодом, использование специализированных упаковочных материалов, применение специальных добавок и консервантов - все эти инновационные методы хранения продукции позволяют сохранять ее свежесть, вкус и питательные свойства на протяжении длительного времени, что важно для обеспечения стабильного снабжения населения качественной и безопасной пищей.

Новые методы сохранения урожая

В современном сельском хозяйстве становится все важнее сохранять урожай для его последующего использования. Новые методы сохранения урожая позволяют продлить срок его хранения, сохранить качество и уменьшить потери.

Одним из новых методов является применение герметичного упаковывания. При этом урожай помещается в специальные пакеты или контейнеры, которые полностью изолируют продукты от внешней среды. Такой метод позволяет сохранить свежесть и питательные вещества продуктов на длительный период времени.

Еще одним инновационным методом является применение контролируемой атмосферы. Воздействуя на газовый состав вокруг урожая, можно замедлить процессы окисления и деградации продуктов. Это позволяет сохранить витамины и минералы, а также уменьшить потери от болезней и плесени.

Также активно разрабатываются новые методы переработки сельскохозяйственной продукции. Например, вакуумная сушка позволяет удалить воду из продуктов при низкой температуре, что помогает сохранить их вкус и полезные свойства[4]. Другие методы включают морожение, криогенную обработку и применение плазменных технологий.

Однако, несмотря на все достижения в области сохранения урожая, важно помнить о правильном хранении и обработке продуктов на уровне каждого производителя. Особое внимание следует уделять соблюдению температурного режима, вентиляции и предотвращению загрязнений.

Современные технологии переработки

Сельскохозяйственная продукция играет важную роль в обеспечении пищевой безопасности населения[6]. Однако, с течением времени процесс переработки продукции стал более сложным и требует применения инновационных технологий.

Одной из современных технологий переработки является газоохлаждение. Этот метод позволяет сохранить качество и свежесть сельскохозяйственной продукции, а также значительно увеличить срок ее хранения[7]. Газоохлаждение основано на использовании специальных газов для охлаждения продукции,

что позволяет быстро снизить ее температуру и предотвращает развитие микроорганизмов.

Еще одной инновационной технологией является вакуумная упаковка. Она позволяет сохранить свежесть и питательные вещества продукции, а также предотвращает развитие бактерий и плесени. Вакуумная упаковка осуществляется с помощью специальных упаковочных машин, которые создают вакуум в упаковке и запаивают ее. Таким образом, продукция сохраняется в идеальных условиях и может храниться дольше[8,9].

Еще одной современной технологией является глубокая заморозка. Она позволяет сохранить качество и вкус продукции. Глубокая заморозка осуществляется с использованием специальных камер, которые мгновенно замораживают продукцию при очень низких температурах. Таким образом, сохраняются все полезные свойства продукции, а также увеличивается ее срок годности.

Современные технологии переработки сельскохозяйственной продукции позволяют сохранить ее качество, свежесть и полезные свойства на долгое время[10]. Это важно для обеспечения пищевой безопасности и удовлетворения потребностей населения.

Список литературы

- 1 Уварова А.Г. Технологические достижения в сельском хозяйстве - взгляд в будущее // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции Чебоксары. Чебоксары, 2022. С. 718-721.
- 2 Уварова А.Г. Сущность и условия роста эффективности агропромышленного производства // Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса. материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. 2016. С. 261-262.
- 3 Уварова А.Г., Зиновьев А.А. Мероприятия, направленные на повышение устойчивости функционирования объектов экономики // Инновационная деятельность науки и образования в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев., 2019. С. 442-445.
- 4 Семенов Д.С., Уварова А.Г. Обзор систем сушки без подогрева или естественным воздухом // Молодежь и XXI век - 2025. сборник научных статей 14-й Международной молодежной научной конференции. Курск, 2025. С. 281-284.
- 5 Сариг Н.В. Инновационные методы в производстве // Качество продукции в АПК: контроль, управление, повышение, планирование. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 221-224.
- 6 Митусов С.С., Уварова А.Г. Новые технологии обеспечения в АПК // Стандартизация и управление качеством в агропромышленном комплексе. сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции. Курск, 2023. С. 177-180.
- 7 Уварова А.Г., Литнарович О.И. Современные цифровые технологии как основной вектор в развитии агропромышленного комплекса // Стандартизация и управление качеством в агропромышленном комплексе. сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции. Курск, 2023. С. 249-251.
- 8 Новые технологии в сельском хозяйстве России Уварова А.Г. // Качество в производственных и социально-экономических системах АПК. сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 209-213.
- 9 Сущность методики Кайдзен Уварова А.Г., Калмыков Г.Д. // Интегративные тенденции в медицине и образовании. 2022. Т. 4. С. 217-222.

10 Сулейманлы Э. Г. Меры государственной поддержки агропромышленного комплекса в Российской Федерации: направления реализации и развития // "Экономика и социум" №6(121) 2024.

11. Инновационные сельскохозяйственные технологии/ Уварова А.Г.// сборнике: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курск, 2021. С. 138-142.

12. Современные подходы в управлении технологической подготовкой производства/ Агеева А.А., Сариги Н.В., Уварова А.Г., Алыменко Ю.В.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 12-14.

13. Специфика внедрения системы менеджмента качества на предприятиях АПК/ Уварова А.Г.// В сборнике: Научно-методические основы экономического развития и менеджмента аграрного производства. материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 328-331.

14. Применение информационных технологий в производстве/ Уварова А.Г., Канунникова А.О.// В сборнике: Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве. Сборник научных трудов международной научно-практической онлайн конференции, посвященной 10-летию образования Бухарского филиала Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. Отв. редактор Т.Х. Жураев. 2020. С. 476-478.

15. Управление качеством в организациях и на предприятиях/ Куракулова Т.Ю., Уварова А.Г.// В сборнике: Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование. Сборник научных трудов 4-й Международной молодежной научно-практической конференции. В 3-х томах. Ответственный редактор Е.В. Павлов. 2017. С. 368-371.

ЧЕРНЫХ АЛЕКСЕЙ ГЕОРГИЕВИЧ, к.т.н., доцент

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия
(kandida2006@yandex.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА ЗОЛОТНИКОВОГО ТИПА УЗЛА ВЫРАВНИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ОПОРНОЙ ТЕЛЕЖКИ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

В данной статье рассматриваются конструкция и принцип работы, системы выравнивания движения опорных тележек основного трубопровода дождевальной машины, с целью исключения изгибов его локальных участков в процессе работы машины. Даны необходимые пояснения к назначению основных компонентов входящих в состав распределителя потока золотникового типа узла выравнивания, соответствующей системы контроля движения опорных тележек дождевальной машины.

Ключевые слова: дождевальная машина, система контроля выравнивания, распределитель потока, дождевальная машина, золотник

Самоходная дождевальная машина, как правило, состоит из горизонтального распределительного основного трубопровода, подвешенного сверху и состоя-

щего из множества сегментов, каждый из которых опирается на собственную самоходную опору (башню). В случае дождевальной машины фирмы T-L Irrigation Company опоры имеют индивидуальные гидравлические приводы, в которых используется экологически чистая гидравлическая жидкость Hydroclear™ с пакетом присадок для защиты от износа [1]. Важной частью любой такой самоходной дождевальной машины является система контроля выравнивания, которая обеспечивает правильное выравнивание сегментов основного трубопровода во время движения машины, например, по кругу [2]. Как правило, система контроля выравнивания состоит из множества блоков, расположенных на каждом стыке между соседними сегментами основного трубопровода. Каждое устройство оснащено датчиком для контроля отклонений в выравнивании соседних сегментов трубопровода и управляющим элементом, подключенным к датчику, который изменяет скорость привода ближайшей к стыку башни пропорционально обнаруженным отклонениям [3]. Обычно внешняя башня, расположенная на конце основного трубопровода, удаленная от центра кругового движения (центральной поворотной башни), настроена на равномерное движение с заданной угловой скоростью [4]. В свою очередь другие башни, отрабатывая управляющие сигналы соответствующих систем контроля выравнивания перемещаются со скоростями, которые позволяет основному трубопроводу двигаться практически по прямой совпадающей с условной осью параллельной его линейному размеру.



Рисунок 1 – Общий вид системы контроля выравнивания движения опорной тележки дождевальной машины T-L Irrigation Company

В дождевальной машине T-L Irrigation Company система контроля узла выравнивания участка трубопровода, между двумя смежными несущими башнями выполнена в виде распределителя потока золотникового типа с возможностью осуществления осевого смещения запорно-регулирующего элемента по схеме тросового управления [5]. Распределитель потока (рис. 1, поз. 1), выравнивающий брус (рис. 1, поз. 2) и пара выравнивающих тросов (рис. 1, поз. 3), являются основными элементами системы выравнивания.

Основными компонентами золотникового распределителя являются корпус с линией Р (рис. 2) соединенную с трубопроводом подачи гидравлической жидкости, линией Т (рис. 2) соединенную с трубопроводом слива гидравлической жидкости и линиями А и В с помощью которых гидравлические двигатели на каждом из двух колес соответствующей башни соединены последовательно. При этом, гидравлический двигатель в сочетании с планетарным редуктором и его поворотным корпусом, на котором установлено каждое колесо, обеспечивает чрезвычайно компактное и эффективное приводное устройство для башни.



Рисунок 2 – Общий вид распределителя потока золотникового типа фирмы T-L системы выравнивания движения опорной тележки

Золотник может свободно перемещаться в корпусе вперед и назад. Поток гидравлической жидкости из входного отверстия Р (рис. 2) поступает через канал в центре золотника, разделяется и направляется к каждому концу золотника. Далее указанный поток выходит с обоих концов, проходит через узкие зазоры между внешним диаметром золотника и корпусом и выходит через отверстия [6].

Необходимо отметить, что во всех режимах работы системы контроля выравнивания, т.е. при отсутствии или наличии осевого смещения участков основного трубопровода двух смежных башен линия Р в золотниковом распределителе соединена с линией А, а линия Т соединена с линией В.

При наличии смещения в смежных участках трубопровода происходит натяжение одного из тросов (рис. 1, поз. 3) относительно выравнивающего бруса (рис. 1, поз. 2) и ослабление другого троса.

Как следствие, давление с одной стороны увеличивается (смещение одной башни относительно другой), золотник реагирует на перепад давления и смещается в сторону другого отверстия. Одно выходное отверстие открывается немного больше, чем другое, но поток в обоих направлениях остаётся постоянным. Таким образом, давление компенсируется в обоих выходных потоках, а разделение потока остаётся постоянным, несмотря на изменение нагрузки и давления в контурах. Если входной поток изменяется, выходные потоки изменятся пропорционально [7]. При этом, если одна сторона заблокирована, то будет заблокирована и другая сторона.



Рисунок 3 – Участки трубопроводов системы контроля выравнивания

Необходимо отметить, что локальные участки трубопроводов связывающие линию Р (рис. 3, поз 1) с трубопроводом подачи (рис. 3, поз 2) и линию Т (рис. 3, поз. 3) с трубопроводом слива (рис. 3, поз. 4) имеют меньший диаметр, чем соответствующие линии слива и подачи. Указанное соотношение диаметров обусловлено тем, что пара двигателей соответствующей тележки соединены по последовательной схеме питания, а все тележки питаются относительно питающего гидравлическую систему насоса параллельно [8].

С учетом описанной выше конструкции золотника скорость потока гидравлической жидкости зависит от переменной открытой площади S , образованной перекрывающимися отверстиями, расположенными на внешней цилиндрической поверхности золотника и корпусом. В имитационной среде моделирования Matlab-Simulink показаны результаты (рис. 4) визуализации работы рассмотренного выше распределителя потока золотникового типа.

Значения параметров рассматриваемого золотника отличались от значений по умолчанию в блоке:

- положение золотника при максимальной площади проходного сечения составляет: $-0,004$ м;
- положение золотника при максимальной площади отверстия В-Т составляет: $-0,006$ м;
- вектор перемещения золотника В-Т, ds составляет $[0; 0,00125; 0,0025; 0,00375; 0,0065]$ м.

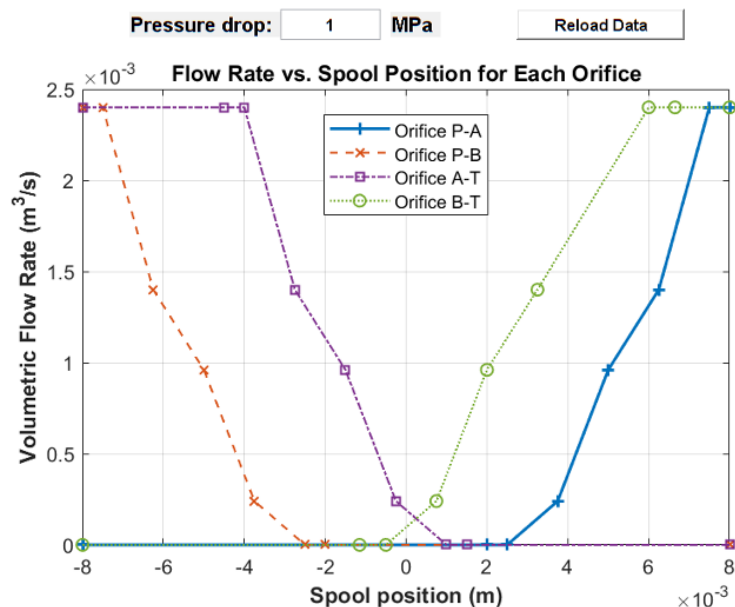


Рисунок 4 – Результаты визуализации работы распределительного клапана в имитационной среде моделирования Matlab-Simulink

Визуализация показывает, что отверстия А-Т и В-Т открыты, когда положение золотника составляет 0 м. Отверстие В-Т полностью закрыто, когда золотник смещается на $-0,0005$ м, полностью открыто на $0,006$ м и имеет длину открытия $0,0065$ м. Отверстие А-Т полностью закрыто на расстоянии $0,001$ м, полностью открыто на расстоянии $-0,004$ м и имеет длину открытия $0,005$ м.

Результаты моделирования позволяют откалибровать степень натяжения выравнивающих тросов (рис. 2, поз. 1 и поз. 2).

Полевой эксперимент и сопутствующие измерения проводились на дождевальной машине T-L Irrigation Company, которая используется в процессе выращивания овощных культур [9].

В конструктивном исполнении машина имеет одиннадцать опорных тележек, с удалением концевой пушки от центральной поворотной башни на расстояние 609 метров (табл. 1).

Таблица 1 – Удаление самоходных тележек многоопорной дождевальной машины кругового действия от центральной поворотной башни

№ тележки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	концевая пушка
Расстояние, м	48	102	156	210	264	318	372	426	480	534	588	609

Благодарность

Автор выражает благодарность директору КФХ «ИП Кичигина Л.П.», Иркутская область, Усолье-Сибирское, село Мальта за помощь в проведении настоящих исследований. Исследования проводились в ходе выполнения хозяйственной научно-исследовательской работы на тему: «Модернизация закрытых оросительных систем с импортными техническими средствами применительно к технологиям точного орошения».

Список литературы

1. Черных А.Г. Структура и состав системы управления движением опорных тележек круговой дождевальной машины // Качество в производственных и социально-экономических системах АПК: сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции. – Курск: ФГБОУ ВО Курский ГАУ имени И.И. Иванова, 2024. – С. 223-228.
2. Kranz W. L. et al. A review of mechanical move sprinkler irrigation control and automation technologies // Applied Engineering in Agriculture. – 2012. – Т. 28. – №. 3. – С. 389-397.
3. Патент на полезную модель № 203708 Российская Федерация, СПК А01G 25/09 (2023.01). Секция водопроводящего трубопровода многоопорной дождевальной машины: № 2022106406; заявл. 11.03.2022; опубл. 14.03.2023 / Ерофеев А.Б.; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "АКВАФИЛД". – 12с.: ил.
4. Есин, А.И. и др. Ресурсосберегающие технологии и дождевальные машины кругового действия: монография. / А.И. Есин, Л.А. Журавлёва, В.А. Соловьев. – Саратов: ООО Амрит, 2019г. – 214 с.
5. Zhang, L. Effect of pulsating pressure on water distribution and application uniformity for sprinkler irrigation on sloping land / L. Zhang, B. Fu, N. Ren, Y. Huang // Journal of Water. – 2019. – Vol. 11(5):913. – pp. 1-13.
6. Черных А.Г. Кривые производительности инверторного двигателя поршневого насоса в системе гидростатического привода дождевальной машины системы T-L / А.Г. Черных //

Проблемы и перспективы развития энергетики, робототехники и электротехнологии: материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием / – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2025. – С.335-1343.

7. T-L Pivot operators Manual: official site. URL: <https://centrelineirrigation.com.au/pivot%20manual>.

8. Журавлева Л.А. и др. Дождеватели широкозахватных дождевальных машин: монография / Л.А. Журавлева, И.А. Попков, М.С. Магомедов, Хеирбеик Бассел – Москва: ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022г. –140 с.

9. Черных А.Г. Структура и состав закрытой системы орошения механическим подъемом воды и поливом широкозахватными круговыми дождевальными машинами // Ежеквартальный научный журнал «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета», 2022, – №4 (69), – С.171-183.

Проектирование, строительство и архитектура для АПК и ПГС

АЛИЕВ АЗИЗ АЪЗАМЖОНОВИЧ, магистрант
БУНЕСКУ СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ, магистрант
 Донской государственный технический университет,
 г. Ростов-на-Дону, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ

В статье сформулированы перспективные направления развития отрасли, связанные с созданием энергетически самодостаточных строительных объектов и определена потребность применения специализированного подхода к экономическому обоснованию энергосберегающих мероприятий.

Ключевые слова: строительство, энергоэффективность, теплопотери, энергосбережение, энергоэффективные технологии.

Современная строительная отрасль демонстрирует устойчивую тенденцию к интеграции энергосберегающих технологий, что обусловлено необходимостью решения глобальных задач ресурсоэффективности и экологической безопасности [1]. В контексте повышения энергетической устойчивости объектов капитального строительства особую значимость приобретает концепция автономных зданий, способных функционировать независимо от внешних энергетических источников [2].

Современная типология энергоэффективных сооружений включает пассивные здания, характеризующиеся минимальным энергопотреблением, объекты нулевого энергобаланса, компенсирующие собственные энергозатраты за счет возобновляемых источников, и активные строения, генерирующие избыточную энергию для сторонних потребителей. Отдельную категорию составляют высокотехнологичные комплексы, где энергоэффективность достигается через комплексную автоматизацию инженерных систем (рисунок 1) [3].



Рис. 1. – Типизация энергоэффективных зданий [4]

Ключевым аспектом повышения энергетической эффективности строительных объектов является оптимизация теплозащитных характеристик ограждающих конструкций [5]. Современные подходы предполагают применение много-

слойных теплоизоляционных систем, герметизацию строительных швов и установку оконных блоков с улучшенными теплотехническими показателями.

Научные исследования подтверждают, что грамотно спроектированная тепловая оболочка здания позволяет сократить энергопотребление на отопление до 25-30% посредством минимизации неконтролируемых теплопотерь [6]. Особое внимание уделяется вопросам предотвращения тепловых мостов и обеспечения долговечности конструктивных элементов через исключение условий для образования конденсата и биологических повреждений (рисунок 2).



Рис. 2. – Мероприятия по снижению нерациональных потерь [4]

Существенный потенциал энергосбережения связан с внедрением систем активного использования возобновляемой энергии. Солнечные фотоэлектрические установки и тепловые коллекторы демонстрируют возрастающую эффективность в условиях разнообразных климатических зон. Геотермальные теплонасосные системы, использующие низкопотенциальное тепло грунта, обеспечивают стабильное теплоснабжение объектов независимо от внешних температурных колебаний [7]. При этом важным условием эффективности таких решений является корректный расчет глубины заложения грунтовых теплообменников и оптимальная конфигурация гелиосистем с учетом инсоляционных характеристик территории.

Архитектурно-планировочные решения выступают равнозначным компонентом энергосберегающей стратегии. Пассивное использование солнечной энергии через ориентацию здания по сторонам света, оптимизацию светопрозрачных конструкций и зонирование внутренних пространств позволяет снизить нагрузку на системы искусственного климатирования. Эмпирические данные свидетельствуют, что грамотное пространственное позиционирование объекта способно уменьшить годовое энергопотребление на 15-20% без применения сложных инженерных систем [8].

Финансово-экономические аспекты реализации энергоэффективных мероприятий требуют дифференцированного подхода. Стоимостные показатели внедрения энергосберегающих технологий варьируются от минимальных затрат на базовую теплоизоляцию до значительных инвестиций в системы автономной энергогенерации. Это обуславливает необходимость разработки адаптивных моделей технико-экономического обоснования, учитывающих как первоначальные капиталовложения, так и долгосрочную операционную эффективность. Перспективным направлением представляется создание гибких нормативных требований, позволяющих оптимизировать соотношение между стоимостью строительства и эксплуатационными характеристиками объектов.

Комплексная реализация рассмотренных мероприятий создает предпосылки для формирования новой парадигмы строительства, ориентированной на создание энергетически самодостаточных объектов с минимальным экологическим следом. Дальнейшее развитие отрасли предполагает совершенствование методов расчета энергетического баланса, разработку интеллектуальных систем управления энергопотоками и создание экономических механизмов, стимулирующих внедрение ресурсосберегающих технологий в массовое строительство.

Список литературы

1. Новоселова И.В., Страбыкина С.И., Бойко Н.С., Данилейко И.Ю. Перспективы «зеленого» строительства и применения энергосберегающих мероприятий в современной России // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 4 (47). – С. 206.
2. Чубарова К.В., Колесников В.М. Использование систем «умный дом» в современном строительстве // Строительство и архитектура – 2024: материалы международной научно-практической конференции факультета ПГС. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2024. – С. 62-65.
3. Fedorovskaya A.A., Sheina S.G. Comprehensive assessment for optimal wind energy use in cottage construction // Magazine of Civil Engineering. – 2022. – №114 (6). – P. 11414.
4. Попов Е.Г., Мазанов Н.В., Тихоненко В.М., Токарев О.Д. Комплексное применение технологий энергосбережения в строительной отрасли на современном этапе // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 6 (102). – С. 382-390.
5. Новоселова И.В., Конфиндратов М.О., Тютюнникова Н.П., Муталиев М.Х. Внедрение энергосберегающих мероприятий в многоквартирных жилых домах // Наука и образование: векторы развития: материалы международной научно-практической конференции. – Чебоксары: Экспертно-методический центр, 2020. – С. 28-30.
6. Петров К.С., Кирьянова А.А., Хоренков С.В., Лами К.Х. К повышению энергоэффективности при реконструкции жилых зданий // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2019. – № 4 (1016). – С. 56-57.
7. Чжан Х., Шисю У., Чубарова К.В. Мировой рынок возобновляемых источников энергии и перспективы его развития // Экспертиза и управление недвижимостью: комплексное развитие территорий, энергосбережение, информационное моделирование: материалы XIV Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2024. – С. 182-194.
8. Петров К.С., Аль-Фатла Т.Н.М., Батальщиков К.В., Лукьянов Д.В., Каргачинский А.А., Шанхоев З.В. Организационно-технологические аспекты снижения энергоемкости гражданских зданий в рамках ремонтно-строительного производства // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 5 (101). – С. 340-351.

АЛИЕВ НУРЛАН МУСЕЙБ ОГЛЫ, студент

Научный руководитель –

ВОЛКОВА ДАРЬЯ СЕРГЕЕВНА, ст. преподаватель

Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

(e-mail: nurlanaliev51@gmail.com)

МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ, ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В данной статье анализируются сложности оценки надежности конструкций, выполненных из различных материалов. Отмечается, что на сегодняшний день отсутствует единый, общепризнанный метод неразрушающей диагностики, что обуславливает необходимость дальнейших научных изысканий.

Ключевые слова: железобетонные и каменные конструкции, металл, прочность.

Актуальность проблемы надежности конструкций неуклонно растет. Это обусловлено ускоренным старением промышленных объектов, опережающим темпы модернизации. Силовые элементы различных сооружений испытывают статическое, циклическое и случайное воздействие нагрузок. Причинами разрушения могут служить как дефекты, возникшие на этапе производства, так и постепенное накопление микроповреждений, ведущее к образованию макротрещин. Нельзя забывать и о негативном влиянии коррозионных сред, которые значительно ускоряют деградацию конструкций.

Процесс разрушения условно делится на две основные фазы:

- **Фаза зарождения:** Начальная стадия формирования дефектов.
- **Фаза распространения трещин:** Развитие и увеличение уже существующих трещин. [1]

В условиях статического растяжения, пластические деформации и повреждения, накопившиеся до момента образования шейки, относятся к периоду зарождения трещин. Сам процесс образования шейки и последующего разрушения является периодом распространения трещин (иллюстрируется заштрихованной областью на рисунке 1).

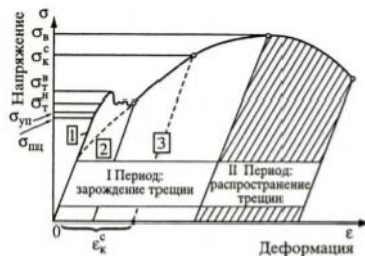


Рисунок 1

На рисунке 1 представлена диаграмма, иллюстрирующая зависимость между приложенным напряжением и возникающей деформацией в условиях статического растяжения. На этой диаграмме обозначены ключевые точки:

- $\sigma_{пц}$ – точка, где линейная зависимость между напряжением и деформацией перестает соблюдаться (предел пропорциональности).
- $\sigma_{уп}$ – напряжение, до которого материал способен полностью восстановить свою первоначальную форму после снятия нагрузки (предел упругости).
- $\sigma_{н}$ и $\sigma_{т}$ – соответственно нижний и верхний пределы текучести, характеризующие начало интенсивного пластического деформирования.
- $\epsilon_{к}$ и $\sigma_{к}$ – значения деформации и напряжения, фиксирующие момент начала образования трещины.
- $\sigma_{в}$ – максимальное напряжение, которое материал может выдержать до разрушения (временное сопротивление разрушению). [2]

Исследователи, занимающиеся изучением фундаментальных аспектов контроля, выделяют два этапа разрушения: докритический и закритический. На докритической стадии, которая длится дольше, происходит пластическая деформация, приводящая к образованию и постепенному развитию микротрещин. Затем наступает закритическая стадия, характеризующаяся стремительным, лавинообразным разрушением. В большинстве случаев это проявляется в быстром росте макротрещины, скорость распространения которой у сталей может достигать 0,2–0,9 от скорости звука.

При оценке металла важно учитывать, что усталостное разрушение происходит из-за повторяющихся нагрузок, превышающих предел прочности. Агрессивная среда эксплуатации конструкций значительно ускоряет этот процесс.

Для эффективного производственно-технологического контроля железобетонных и каменных конструкций незаменимы оперативные неразрушающие методы определения их прочности. Эти методы позволяют проводить оценку прочности на ранних этапах строительства, например, при определении распалубочной прочности и в процессе набора прочности бетоном, обеспечивая непрерывный контроль качества. [3]

Они также критически важны для мониторинга прочностных характеристик наиболее ответственных монолитных конструкций до достижения проектных значений. Кроме того, неразрушающий контроль играет существенную роль при обследовании уже построенных зданий и сооружений, особенно тех, что подвергаются динамическим нагрузкам, а также при проведении работ по реконструкции. Важным достоинством неразрушающих испытаний является возможность их многократного проведения на ограниченных участках, что гарантирует получение репрезентативной выборки для статистически обоснованной оценки класса прочности.

Существующая проблема неразрушающих испытаний бетонных конструкций заключается в том, что применяемые методы измерения прочности не способны адекватно отразить напряженно-деформированное состояние бетона в контролируемой зоне. Это означает, что косвенные показатели, используемые в нераз-

рушающих методах, в разной степени подвержены влиянию других физико-механических характеристик бетона, помимо его истинной прочности. [4]

Таким образом, оценки прочности, полученные неразрушающими методами, будут искажены не только фактической прочностью, но и такими факторами, как модуль упругости, динамическая вязкость или неоднородность структуры. Несмотря на то, что прессирующие испытания образцов по ГОСТ 10180-90 являются эталонными, их результаты также могут быть подвержены вариациям из-за физико-механических свойств конструкций. Для достижения соответствия результатов неразрушающих методов эталонным, приходится прибегать к индивидуальному «подбору» градуировочных зависимостей, что указывает на их недостаточную универсальность.

Одним из наиболее распространенных и безопасных методов неразрушающего контроля является акустический (АМНК), основанный на использовании упругих колебаний. К его ключевым достоинствам относятся: возможность проведения контроля при доступе только с одной стороны объекта, высокая чувствительность к дефектам, универсальность для различных материалов и толщин, компактность и низкое энергопотребление аппаратуры, а также экологическая и санитарная безопасность и экономичность. [5]

Стремление максимально продлить период безаварийной эксплуатации основных конструктивных элементов зданий и сооружений, а также точная оценка их технического состояния, стимулировали более широкое применение АМНК. Этот метод признан одним из наиболее экономичных и эффективных, поскольку позволяет не только определять прочностные характеристики конструкций, но и обнаруживать поверхностные дефекты, а также визуализировать внутреннюю структуру изделий для выявления инородных включений, пустот и трещин.

Результаты неразрушающих испытаний конструкций свидетельствуют о том, что даже при точном следовании нормативным методикам построения градуировочных зависимостей, получаемые значения прочности бетона могут существенно отличаться от данных прессирующих испытаний образцов, извлеченных из массива. В частности, ультразвуковой импульсный метод, как правило, недооценивает прочность, тогда как метод упругого отскока склонен ее переоценивать.

Список литературы

1. Волкова, Д. С. Сборная несущая система / Д. С. Волкова, С. Камари // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2022 : сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 10–11 ноября 2022 года. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 397-398. – EDN OJMZGW.
2. Коробов, А. М. Напряженно-деформированное состояние железобетонных элементов / А. М. Коробов, Р. А. Марков, Д. С. Волкова // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений : сборник научных трудов 4-й Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 22 ноября 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 239-243. – EDN HCGTRL.
3. Мищенко, Д. С. Энергоэффективные строительные конструкции и системы / Д. С. Мищенко // Технологии, машины и оборудование для проектирования, строительства объектов АПК : сборник научных статей Международной научно-технической конференции молодых

ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 15 марта 2023 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И.Иванова, 2023. – С. 253-257. – EDN BXTHKH.

4. Мищенко, Д. С. Испытательные лаборатории как участники строительного контроля / Д. С. Мищенко, Н. Е. Толстых // Наука молодых - будущее России : сборник научных статей 8-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск, 12–13 декабря 2023 года. – Курск: Университетская книга, 2023. – С. 110-112. – EDN DDKTRD.

5. Кириченко, М. А. Проектирование фундаментов в условиях сейсмических воздействий / М. А. Кириченко, Д. С. Волкова // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 23 мая 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 240-243. – EDN UQKUCUD.

БАЛУДИН НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, магистрант
КАЛУГЯН КАРИНА ДИКРАНОВНА, магистрант
 Донской государственный технический университет,
 г. Ростов-на-Дону, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье рассмотрена возможность интеграции экологических стандартов с концепцией бережливого производства для повышения экологичности строительной отрасли. Проанализированы ключевые аспекты экологизации строительства: проведение экологической экспертизы, внедрение современных стандартов, использование ресурсосберегающих материалов и технологий. Особое внимание уделено критериям экологичности строительных материалов и комплексной оценке воздействия строительных объектов на окружающую среду на всех этапах их жизненного цикла.

Ключевые слова: экология, строительство, бережливое производство, окружающая среда, экологическая экспертиза.

Строительное производство представляет собой сложную многокомпонентную систему, требующую постоянной методологической оптимизации для повышения операционной эффективности. Отечественные предприятия строительной отрасли систематически сталкиваются с проблемой недостаточной конкурентоспособности, решение которой возможно через последовательное внедрение структурированных производственных систем международного уровня [1]. Однако современная отраслевая практика характеризуется фрагментарным использованием доступных инструментов управления, что существенно ограничивает потенциал экономии издержек и усложняет практическую реализацию инвестиционно-строительных проектов. Отсутствие комплексного подхода к организации строительной деятельности актуализирует необходимость

глубокой трансформации технического регулирования в строительном комплексе.

Мировой опыт наглядно демонстрирует устойчивую эффективность применения концепции «бережливого производства» в строительной сфере [2]. Данная управленческая система, получившая широкое распространение в европейских, американских и японских корпорациях, представляет собой целостный комплекс методов и инструментов, направленных на системное устранение непродуктивных операций и радикальную оптимизацию бизнес-процессов. В условиях постоянного роста потребительских требований и обострения конкурентной борьбы концепция бережливого производства формирует организационную культуру непрерывных улучшений, последовательно подготавливая предприятие к внедрению технологических инноваций и значительно повышая его рыночную конкурентоспособность. Качество строительной продукции и производственных процессов становится приоритетной стратегической целью, причем требуемый уровень качества должен постоянно эволюционировать в соответствии с меняющимися рыночными условиями [3].

Процесс адаптации принципов бережливого производства к специфическим отечественным реалиям требует разработки специализированной методики, учитывающей уникальные особенности российской строительной отрасли. Специфические характеристики российского строительного комплекса создают существенные барьеры для успешной интеграции прогрессивных управленческих подходов. Многообразие технических состояний строительных объектов в различных эксплуатационных условиях и временных периодах значительно повышает проектные риски отклонений от установленных плановых показателей [4]. Прямой механический перенос зарубежных управленческих методик оказывается практически невозможным и требует разработки дополнительных специализированных систем управления, а также создания соответствующего нормативно-правового обеспечения [5].

Критическим фактором эффективности строительного производства выступает качество проектных решений и достоверность исходных данных об объекте. Своевременное устранение проектных ошибок на начальной стадии позволяет минимизировать экономические потери в процессе непосредственного строительства. Перспективным направлением развития отрасли является последовательное внедрение системы «бережливого проектирования», ориентированной на повышение качества и скорости проектных работ через интеграцию передовых информационных технологий и современных методов управления проектами [6]. Эта концепция обеспечивает производство строительной продукции высокого качества с оптимальными затратами в установленные договорные сроки.

Параллельно с вопросами операционной эффективности производства актуализируется экологическая составляющая строительной деятельности. Неуклонный рост потребления природных ресурсов и масштабов промышленного производства приводит к прогрессирующему загрязнению окружающей среды, что объективно обуславливает необходимость разработки комплексных организа-

ционно-управленческих решений для повышения экологичности строительных проектов [7]. Проведение экологической экспертизы позволяет заблаговременно выявить потенциальные экологические угрозы, включая объемы выбросов углекислого газа, параметры загрязнения природных сред, уровень потребления энергоресурсов и масштабы образования производственных отходов.

Комплексная оценка воздействия на окружающую среду должна осуществляться системно на всех этапах жизненного цикла строительного объекта. Ключевыми мероприятиями по повышению экологичности являются последовательное применение современных экологических стандартов, целенаправленное обучение участников проекта принципам экологической ответственности, активное использование инновационных материалов и ресурсосберегающих технологий [8]. Экологичность современных строительных материалов оценивается по комплексным критериям, включающим показатели энергоемкости, возможности вторичной переработки, параметры минимизации отходов, степень использования возобновляемых ресурсов и проектный срок службы.

Практическая реализация экологических принципов в строительной деятельности обеспечивает значительный комплекс преимуществ, включая существенное снижение негативного воздействия на окружающую среду, экономию материальных и энергетических ресурсов, улучшение общественного восприятия и весомый вклад в устойчивое развитие территорий. Применение современных экологических стандартов, инновационных материалов и прогрессивных технологий, вместе с повышением экологической грамотности участников проекта, создает необходимые предпосылки для формирования более устойчивой и экологически ответственной строительной отрасли.

Интеграция принципов бережливого производства и экологических требований формирует новую парадигму строительной деятельности, ориентированную на операционную эффективность, высокое качество и устойчивое развитие. Этот комплексный подход требует глубоких системных изменений в управленческих практиках, техническом регулировании и корпоративной культуре строительных организаций. Успешная реализация данной трансформации позволит отечественной строительной отрасли достичь качественно нового уровня развития, соответствующего международным стандартам и требованиям современной экономики.

Список литературы

1. Новоселова И.В., Агаджанян А.Н., Полонская К.Д., Патарая И.З. Применение экологической сертификация для повышения инвестиционной привлекательности строительных проектов // Актуальные проблемы социально-экономического развития России. – 2021. – № 4. – С. 63-66.
2. Давудова Т.В., Ершов Д.С., Мамхатов А.Х. Перспективы применения принципов «бережливого производства» в строительной отрасли России // Школа молодых новаторов: сборник научных статей 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. – Курск: ЮЗГУ, 2022. – С. 153-155.
3. Матвеев М.Б. Ключевые аспекты успешного бренда // Научные исследования: проблемы и перспективы в контексте глобальных вызовов: сборник научных трудов по материалам XX Международной научно-практической конференции. – Анапа: Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов, 2023. – С. 33-38.

4. Новоселова И.В. Риск-менеджмент в организациях инвестиционно-строительной сферы // Строительство и архитектура – 2020. Факультет промышленного и гражданского строительства: материалы Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2020. – С. 34-37.

5. Сухинин С.А. Социально-экономическая диагностика как инструмент исследования регионального развития // Организационно-экономические проблемы регионального развития в современных условиях: материалы научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Симферополь: КФУ им. В.И. Вернадского, 2021. – С. 255-257.

6. Шеина С.Г., Чернявский И.А. Зарубежные и российские подходы к управлению жизненным циклом // Экспертиза и управление недвижимостью: комплексное развитие территорий, энергосбережение, информационное моделирование: материалы XIV Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2024. – С. 13-21.

7. Гладышева О.Д., Федоровская А.А. Охрана окружающей среды при строительстве музея современного искусства // Обеспечение безопасности: производственной, пожарной, экологической: материалы I Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2023. – С. 216-217.

8. Швец А.Е., Шеина С.Г., Новоселова И.В. Стандартизация офисных зданий по зеленому стандарту Fitwel // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 12 (84). – С. 375-381.

БЕЗРОДНАЯ АНАСТАСИЯ СЕРГЕЕВНА, студент

(e-mail: bezrodnaya@yandex.ru)

КАНУННИКОВ ДАНИИЛ АЛЕКСЕЕВИЧ, студент

(e-mail: kanunnikov479@yandex.ru)

БОРИСЕНКОВ КИРИЛЛ СЕРГЕЕВИЧ, студент

(e-mail: korisenkov@gmail.com)

Юго-Западный Государственный университет, г. Курск, Россия

ДЕФОРМАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ И ПОРЯДОК ИХ ВЫЯВЛЕНИЯ

В данной статье рассматривается проблема деформаций зданий и сооружений, виды деформаций, а также представлен порядок выявления деформаций.

Ключевые слова: строительство, здания, сооружения, деформация.

Здания и сооружения в процессе эксплуатации постоянно подвергаются воздействию различных факторов, как природных (температура, влажность, осадки, сейсмические колебания), так и техногенных (нагрузки от оборудования, вибрации, изменение уровня грунтовых вод). Под влиянием этих факторов в конструкциях возникают напряжения и деформации, которые могут привести к снижению несущей способности, нарушению нормальной эксплуатации и, в конечном итоге, к аварии. Поэтому своевременное выявление и оценка деформаций зданий и сооружений являются критически важными для обеспечения их долговечности и безопасности. [1]

Деформация в строительстве — это изменение формы, размеров или положения конструкции под воздействием внешней или внутренней силы. Может быть как допустимой (предусмотренной расчётом), так и предельной (выходящей за

нормативные пределы). Деформации могут быть остаточными или временными, исчезающими после прекращения действия нагрузок.

Виды деформаций:

Деформации зданий и сооружений можно классифицировать по различным признакам:

По характеру проявления:

Вертикальные деформации: просадка фундамента, неравномерная осадка здания, выпучивание стен.

Горизонтальные деформации: сдвиг, крен, прогиб, скручивание.

Местные деформации: трещины, сколы, разрушение отдельных элементов.

По причинам возникновения:

Деформации от нагрузок: возникают под действием постоянных и временных нагрузок, превышающих расчетные значения.

Деформации от воздействия окружающей среды: вызываются температурными перепадами, влажностью, химическими веществами.

Деформации, связанные с дефектами строительства: возникают из-за некачественных материалов, нарушений технологии строительства, ошибок проектирования.

Деформации, вызванные геологическими процессами: оползни, карстовые явления, просадка грунтов.

По временному характеру:

Статические деформации: развиваются медленно и постепенно на протяжении длительного времени.

Динамические деформации: возникают при кратковременных воздействиях (землетрясения, взрывы, ударные нагрузки). [2,3]

Порядок выявления деформаций:

Выявление деформаций зданий и сооружений — это комплекс мероприятий, направленных на обнаружение признаков деформаций, определение их характера и степени развития. Этот процесс включает в себя несколько этапов:

Визуальный осмотр: тщательный осмотр здания или сооружения с целью обнаружения трещин, прогибов, кренов, перекосов и других признаков деформаций. Особое внимание уделяется местам концентрации напряжений (углы проемов, стыки элементов).

Инструментальные измерения: использование специальных приборов и инструментов для определения величины деформаций. К ним относятся:

- Нивелир: для определения вертикальных перемещений (осадок, прогибов).
- Теодолит: для определения горизонтальных углов (кренов, перекосов).
- Уровень: для контроля горизонтальности и вертикальности элементов конструкции.
- Трещиномер: для измерения ширины раскрытия трещин. [4]

Геодетические наблюдения: регулярные измерения положения определенных точек на здании или сооружении для мониторинга развития деформаций во времени.

Обследование грунтов основания: определение физико-механических характеристик грунтов, уровня грунтовых вод, наличия просадочных или пучинистых грунтов. [5]

Анализ данных и оценка технического состояния: обработка и анализ полученных результатов измерений и обследований, оценка степени опасности деформаций для несущей способности здания или сооружения, разработка рекомендаций по устранению причин и последствий деформаций.

Важность своевременного выявления:

Своевременное выявление деформаций имеет принципиальное значение для:

- Безопасности людей: предотвращение обрушений и аварийных ситуаций.
- Экономии средств: раннее выявление проблем позволяет проводить менее затратный ремонт, чем устранение последствий серьезных разрушений.
- Продления срока службы здания: своевременные меры по устранению деформаций позволяют продлить срок эксплуатации здания и повысить его надежность. [6]

Регулярное проведение обследований технического состояния зданий и сооружений, является залогом их долговечности и безопасной эксплуатации. При обнаружении признаков деформаций необходимо незамедлительно обратиться к специалистам для проведения детального обследования и разработки мер по устранению причин и последствий. Игнорирование проблем может привести к катастрофическим последствиям.

Список литературы

1. Коробов, А. М. Напряженно-деформированное состояние железобетонных элементов / А. М. Коробов, Р. А. Марков, Д. С. Волкова // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений : сборник научных трудов 4-й Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 22 ноября 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 239-243. – EDN HCGTRL.
2. Волкова, Д. С. Монолитные железобетонные конструкции заглубленных сооружений / Д. С. Волкова, М. В. Курганский // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений : сборник научных трудов 4-й Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 22 ноября 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 132-135. – EDN FKJGWN.
3. Волкова, Д. С. Проблемы реконструкций зданий и сооружений с истекающим сроком эксплуатации на территории Курской области / Д. С. Волкова, Р. А. Марков, Н. Ю. Кушнерев // Архитектоника региональной культуры : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 13 октября 2023 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2024. – С. 103-107. – EDN TRYUOE.
4. О геотехническом мониторинге при строительстве в сложных грунтовых условиях / В. В. Хаустов, И. Г. Шаповалов, Д. Н. Мелкумов [и др.] // Актуальные проблемы экологии и охраны труда : Сборник статей XI Международной научно-практической конференции. посвящается 55-летию Юго-Западного государственного университета, Курск, 04 июня 2019 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. – С. 332-338. – EDN VERCLN.
5. Волкова, Д. С. Строительство зданий и сооружений на просадочных грунтах / Д. С. Волкова, Д. А. Степанов // Ресурсосбережение и экология: агропромышленный комплекс, проектирование и строительство : сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 24

ноября 2023 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2023. – С. 190-193. – EDN LYDZFN.

6. Кириченко, М. А. Проектирование фундаментов в условиях сейсмических воздействий / М. А. Кириченко, Д. С. Волкова // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 23 мая 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 240-243. – EDN UQKCU.

БЕЗРОДНАЯ АНАСТАСИЯ СЕРГЕЕВНА, студент

(e-mail: bezrodnayaan@yandex.ru)

КАНУННИКОВ ДАНИИЛ АЛЕКСЕЕВИЧ, студент

(e-mail: kanunnikov479@yandex.ru)

БОРИСЕНКОВ КИРИЛЛ СЕРГЕЕВИЧ, студент

(e-mail: korisenkov@gmail.com)

Юго-Западный Государственный университет, г. Курск, Россия

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА НЕБОСКРЕБОВ И ОСОБЕННОСТИ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВА

В статье рассматривается феномен строительства небоскребов с точки зрения его экономической и технологической целесообразности. Анализируются ключевые факторы, определяющие необходимость высотного строительства в современных мегаполисах.

Ключевые слова: строительство, небоскребы, особенности, экономичность.

Жизнь современного большого города все чаще устремляется ввысь. Появление каждого нового небоскреба неизменно вызывает споры: насколько это разумно? Стоит ли игра свеч, когда речь идет об огромных затратах и сложнейших инженерных задачах? Анализ показывает, что причины возведения этих стеклянных и стальных гигантов далеко не всегда лежат на поверхности.

Главный двигатель высотного строительства — экономика. В условиях дороговизны земли в деловых центрах крупных городов максимальное использование каждого квадратного метра становится вопросом выживания для бизнеса. Сконцентрировать огромные офисные, гостиничные или жилые площади на небольшом участке — это позволяет вертикальная застройка. В итоге, несмотря на астрономическую первоначальную стоимость, небоскреб часто оказывается экономически выгодным долгосрочным вложением. Помимо практической пользы, эти здания становятся мощными символами. Они работают на образ города и корпораций, демонстрируя амбиции, технологическое развитие и финансовую мощь. Высота превращается в инструмент привлечения внимания, приманивающий туристов и инвесторов. [1]

Однако путь от проекта до сдачи объекта полон испытаний, которые и определяют уникальные особенности строительства. Фундамент — это основа основ. Чтобы удержать сотни тысяч тонн, требуется не просто углубиться в грунт.

Создаются массивные подушки или сваи, уходящие до коренных пород. В условиях плотной городской застройки это напоминает ювелирную работу. К примеру, при возведении фундамента соседние здания и коммуникации должны быть надежно защищены от просадки и вибраций. [2]

Но даже самый прочный фундамент ничего не значит без устойчивого «скелета». Каркас небоскреба — это его позвоночник, берущий на себя все нагрузки: от собственного веса до ветра и землетрясений. Эволюция от жестких стальных рам к более гибким и эффективным системам стала ключевым прорывом. Сегодня широко применяется трубчатая конструкция, когда несущие элементы расположены по периметру здания. Это позволяет не только увеличить прочность, но и освободить ценное внутреннее пространство от колонн. Ярким примером является использование висячих этажей, которые подвешиваются к центральному стержню жесткости, как ветки на стволе дерева. [3]

Еще одна невидимая, но критически важная проблема — ветер. На большой высоте его сила такова, что может не просто раскачать здание, но и вызвать дискомфорт у людей на верхних этажах. Для борьбы с этим применяются сложные инженерные решения. Форму небоскреба тщательно просчитывают, чтобы уменьшить завихрения воздушных потоков. Иногда верхнюю часть делают скошенной или с проемами, позволяя ветру свободно проходить сквозь конструкцию. В самых высоких зданиях устанавливаются гигантские маятниковые гасители колебаний. Эти многотонные грузы на верхних этажах колеблются в противофазе раскачиванию всего сооружения, подавляя вибрации и обеспечивая стабильность. [4]

Опасность пожара в небоскребе также требует особого подхода. Эвакуация по лестницам с высоты в несколько сотен метров невозможна. Вследствие этого, здание делится на противопожарные отсеки, оснащается системами удаления дыма и автоматического тушения, а его конструкции обладают высочайшей степенью огнестойкости. Лифты в таких зданиях — это отдельное произведение инженерного искусства. Скоростные, с умной системой распределения вызовов, они являются единственным эффективным вертикальным транспортом. Для их размещения формируются целые лифтовые группы, обслуживающие разные зоны здания. [5]

Строительный процесс сам по себе является феноменом. Работа ведется по принципу «сверху вниз»: пока на уровне земли монтируют коммуникации, наверху уже собирают новые этажи. Это требует невероятной точности и координации. Доставка материалов на большую высоту, работа кранов, которые буквально «растут» вместе со зданием, — каждый день представляет собой уникальную логистическую задачу.

В конечном счете, целесообразность строительства каждого небоскреба — это сложное уравнение, куда входят экономические расчеты, технологические возможности, градостроительная стратегия и даже политическая воля. Это всегда вызов, брошенный силе тяжести и привычным представлениям о строительстве. Несмотря на все риски и затраты, человечество продолжает тянуться к небу, оставляя в городском пейзаже все новые и новые сверкающие следы.

Список литературы

1. Волкова, Д. С. Урбанизация городского пространства и комфортная городская среда / Д. С. Волкова, К. С. Борисенков // Ресурсосбережение и экология: агропромышленный комплекс, проектирование и строительство : сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 24 ноября 2023 года. — Курск: ЗАО "Университетская книга", 2023. — С. 187-190. — EDN SEMRTX.
2. Кушнерев, Н. Ю. Особенности проектирования и строительства промышленных зданий на территории Курской области / Н. Ю. Кушнерев, Д. С. Волкова, А. Э. Кретова // Ресурсосбережение и экология: агропромышленный комплекс, проектирование и строительство : сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 24 ноября 2023 года. — Курск: ЗАО "Университетская книга", 2023. — С. 265-267. — EDN SLZRVM.
3. Мищенко, Д. С. Правила землепользования и застройки и генеральный план / Д. С. Мищенко, Н. Е. Толстых // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 23 мая 2024 года. — Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. — С. 308-310. — EDN OVWXYX.
4. Куранов, П. Н. Загрязнение градопромышленных территорий нефтепродуктами и значение этого процесса для биосферы земли / П. Н. Куранов, В. В. Алексашина, Т. М. Новикова // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. — 2016. — № 3(15). — С. 3-17. — EDN XAYMOL.
5. Аксентьева, Ю. Ю. Динамика структуры земельного фонда Курской области / Ю. Ю. Аксентьева, Т. М. Новикова // Перспективы развития программных комплексов для расчета несущих систем зданий и сооружений : Сборник тезисов докладов бакалавров, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 17–18 сентября 2015 года. — Курск: Юго-Западный государственный университет, 2015. — С. 34-37. — EDN WDUMBB.

БЕЗРОДНАЯ АНАСТАСИЯ СЕРГЕЕВНА, студент

(e-mail: bezrodnayaan@yandex.ru)

КАНУННИКОВ ДАНИИЛ АЛЕКСЕЕВИЧ, студент

(e-mail: kanunnikov479@yandex.ru)

БОРИСЕНКОВ КИРИЛЛ СЕРГЕЕВИЧ, студент

(e-mail: korisenkov@gmail.com)

Юго-Западный Государственный университет, г. Курск, Россия

БЕТОНИРОВАНИЕ ПЕРЕКРЫТИЯ С НЕСЪЁМНОЙ ОПАЛУБКой ИЗ ПРОФИЛИРОВАННОГО НАСТИЛА

В последние годы становится популярным метод бетонирования перекрытий с несъемной опалубкой. В данной статье рассматривается технология возведения такого перекрытия, а также необходимые для этого материалы. Использование монолитной несъемной опалубки из профнастила позволяет существенно снизить стоимость строительства без ущерба для прочности и долговечности конструкции здания.

Ключевые слова: опалубка, профлист, бетонирование, перекрытие, арматура, железобетон, монолитные конструкции.

Монолитные железобетонные перекрытия представляют собой цельную армированную бетонную плиту, заливаемую непосредственно на строительной площадке. Они обладают высокой прочностью, обеспечивая равномерное распределение нагрузок и устойчивость к деформациям. Такая конструкция позволяет перекрывать большие пролёты и создавать перекрытия сложной формы. Кроме того, монолитные перекрытия отличаются долговечностью, хорошей звуко- и теплоизоляцией, а также высокой пожаробезопасностью.

Опалубка — это временная или постоянная конструкция из дерева, металла или других материалов, которая служит для придания формы и удержания бетонной или железобетонной смеси до её затвердевания. Она обеспечивает необходимые геометрические размеры и положение бетонной конструкции в пространстве. После затвердевания раствора съёмная опалубка обычно удаляется, а несъёмная остаётся частью конструкции. [1]

Бетонирование перекрытий с использованием несъёмной опалубки из профилированного настила (профлиста) является распространённой и эффективной технологией в современном строительстве. Профнастил выполняет функцию одноразового каркаса, который после заливки и застывания бетона остаётся в конструкции, обеспечивая дополнительную прочность и жёсткость перекрытия. [2]

Профлист представляет собой металлический оцинкованный лист с профилированными ребрами жёсткости. Для сооружения монолитных перекрытий применяется исключительно несущий профнастил: Н57, 60, 75, 114, поскольку только эти марки способны выдержать вес залитого бетона. Профнастил обладает выштампованными рифами, что обеспечивает надежное сцепление с бето-

ном и способствует их совместной работе. Это особенно важно для достижения необходимой прочности и долговечности конструкции. Когда плита перекрытия опирается на стальные прогоны, важно обеспечить их эффективное взаимодействие. Для этого рекомендуется использовать вертикальные стержневые анкеры, которые привариваются ко всем прогонам. Такие анкеры обеспечивают надежное соединение между настилом и прогоном, что позволяет распределить нагрузки и минимизировать риск деформации. Кроме того, для дополнительной гибкости и прочности плиты перекрытия целесообразно применять арматурную сталь, которая соответствует действующим стандартам ГОСТ. Рекомендуется использовать стержневую арматуру периодического профиля классов А-П и А-III, а также проволочную арматуру класса Вр. Данные виды арматуры обеспечивают необходимую прочность и устойчивость конструкции к различным нагрузкам. Диаметр анкеров должен составлять от 12 до 16 мм, что гарантирует их достаточную прочность и надежность в эксплуатации. Толщина бетонного слоя над профнастилом варьируется обычно от 30 до 50 мм в зависимости от проектных требований. (рис.1) [3]

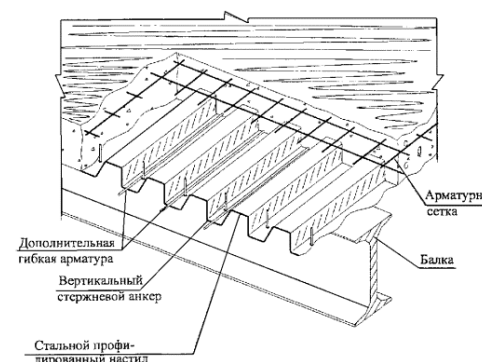


Рис.1- Конструкция монолитного перекрытия с применением стального профилированного настила

Технология бетонирования

Процесс включает следующие этапы:

1. Раскладка и крепление стального профилированного настила.

Верхняя часть балки, на которую устанавливается настил, должна быть сухой и очищенной от окалины, ржавчины, краски, грязи или мусора. Монтаж профнастила на каркас осуществляется с обеспечением надёжного крепления и поддержки для предотвращения прогиба.

2. Установка арматуры.

Установка отдельных арматурных стержней, каркасов и сеток выполняется в соответствии с рабочими чертежами по захваткам. Подачу арматурных стержней, каркасов и сеток осуществляют при помощи крана.

3. Укладка бетонной смеси в перекрытие.

Перед бетонированием профилированный настил и бетонные поверхности рабочих швов должны быть очищены от мусора, грязи, масел, снега и льда, цементной пленки и т.д. Непосредственно перед укладкой бетонной смеси очищенные поверхности должны быть промыты водой и просушены струей воздуха. Подготавливают бетонную смесь с классом прочности не ниже В15 и оптимальной консистенции для заливки. Непрерывная заливка бетона на всю толщину перекрытия с применением глубинных вибраторов для уплотнения и удаления воздушных пустот. Необходимо защитить бетона после заливки от быстрого высыхания путём увлажнения и укрывания слоем влажных опилок или песка. Уход должен продолжаться в течение 7-14 дней. [4]

Использование профилированного настила как несъемной опалубки позволяет создать монолитную конструкцию, способную выдерживать значительные механические нагрузки и обеспечивать долговечность зданий и сооружений, при этом существенно ускоряя строительные работы благодаря упрощённому монтажу и отсутствию необходимости снятия опалубки, а также снижая расходы на строительные материалы. [5]

Таким образом, в строительстве технология несъемной опалубки становится очень популярной. Помимо монолитных перекрытий на ее основе делают фундаменты и стены. Перекрытия с использованием несущего профнастила применяются при строительстве малоэтажных быстровозводимых зданий на металлокаркасе: торговые комплексы, складские и промышленные здания, гаражи. В последние годы их нередко используют при строительстве малоэтажных домов и сооружений из пено- и газобетона. Также перекрытия из профнастила и бетона часто заменяют устаревшие деревянные при реконструкции зданий. Использование профилированного настила в качестве несъемной опалубки позволяет не только улучшить характеристики прочности, но и сократить сроки строительства, что является важным аспектом в современных условиях.

Список литературы

1. Волкова, Д. С. Сборная несущая система / Д. С. Волкова, С. Камари // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2022 : сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 10–11 ноября 2022 года. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 397-398. – EDN OJMZGW.
2. Канунников, Д. А. Усиление фундаментов / Д. А. Канунников, А. С. Безродная, Д. С. Волкова // Молодежь и системная модернизация страны : Сборник научных статей 9-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. В 5-ти томах, Курск, 15–16 мая 2025 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 53-57. – EDN GOCOLV.
3. Кириченко, М. А. Проектирование фундаментов в условиях сейсмических воздействий / М. А. Кириченко, Д. С. Волкова // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 23 мая 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 240-243. – EDN UQKCU.
4. Волкова, Д. С. Реконструкция исторических зданий в России / Д. С. Волкова, А. С. Безродная // Архитектоника региональной культуры : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 13 октября 2023 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2024. – С. 59-65. – EDN PMZQAF.

5. Волкова, Д. С. Классификация бетона по структуре, назначению, виду вяжущих, и зерновому составу заполнителя / Д. С. Волкова, Э. Э. Джафаров // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых : сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок : в 4 т., Курск, 01 декабря 2022 года. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 295-298. – EDN CTIVAK.

ГОРОХОВ ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

E-mail: 0909rebus12@gmail.com

БЕТОНЫ И ИХ КЛАССИФИКАЦИИ

Данная статья посвящена обзору бетонов как основного строительного материала. В ней рассматриваются их ключевые физико-механические свойства и, главное, подробно освещаются принципы и виды классификации бетонов по плотности, прочности, типу вяжущего и назначению.

Ключевые слова: Бетон, прочность бетона технологические факторы, марки бетонов

Бетон – один из древнейших строительных материалов, его возникновение датируется 5600 годом до н. э. Ученые до сих пор спорят о том, к какому времени относить создание бетона. Принято считать, что это изобретение каменного века, появился он на территории Европы. История бетона тесно связана с развитием обработки минералов и изобретением вяжущих веществ, таких как гипс и известь, в древних цивилизациях. Благодаря доступности и прочности, бетон устойчив к воде, огню и позволяет создавать разнообразные формы, что делает его идеальным для торкретирования. [1]

Бетон – искусственный каменный материал, получаемый в результате формования и твердения рационально подобранной смеси, состоящей из вяжущего материала, воды (реже без неё), заполнителей и специальных добавок. До формования эту смесь называют бетонной смесью. Каждый из этих этапов влияет на прочность материала. [2]

Активность цемента, определяемая как предел прочности на сжатие образцов через 28 суток, является основой для классификации цементов на марки и напрямую влияет на прочность бетона. Активность цемента определяют испытаниями на разрыв и изгиб специально изготовленных образцов по ГОСТ 310.4-81. Для определения активности используют как прямые (длительные), так и косвенные (оперативные) методы. Хотя оценка через электропроводность быстрая, она не всегда надежна. Контрактиометры, измеряющие уменьшение объема цемента при гидратации, считаются более эффективным методом оперативной оценки активности цемента. [3]

Суть метода в постепенном увеличении нагрузки на образец посредством специального пресса (скорость нагружения - 50±10Н/с). При этом испытание образцов производится при их расположении поперечной гранью – продольно.

Итоговый результат берут как среднее арифметическое между двумя самыми высокими показателями испытаний образцов из трех.

Этот метод требует равномерной нагрузки с предельной силой - 200-500кН. Для этого три образца, разделенных на половины, располагают между специальными полированными металлическими пластинами. Площадь соприкосновения образца в продольном положении и пластины – 25 см². После центровки на опорной плите в качестве результата принимается среднее значения четырех самых высоких показателей.

Подготовка образцов и все процедуры проводятся в стандартных условиях, однако пропаривание необходимо производить в специализированной камере. Стандартизированная температура - 20±3 градусов по Цельсию при выключенном обогреве в течение 2 часов. Значение прочности определяется в соответствии с ГОСТом. [4]

1. Тонкость помола: Чем тоньше помол цемента, тем быстрее он набирает прочность, особенно при удельной поверхности 400-450 м²/кг. Крупный помол замедляет гидратацию и снижает конечную прочность бетона.

2. Примеси: Добавки, такие как окись магния, могут влиять на активность цемента, ускоряя набор прочности в небольших концентрациях и снижая ее при высоких.

3. Свежесть: Длительное хранение цемента, особенно во влажных условиях, снижает его активность из-за образования поверхностного слоя, уменьшающего его способность к гидратации.

Одним из важнейших параметров бетонной смеси является соотношение в ней воды и цемента. В зависимости от количества воды и полученной консистенции, смеси подразделяются на жесткие и подвижные. Подвижные смеси делятся на 5 типов:

1. П1 — малоподвижные;
2. П2—П3 — универсальные;
3. П4 — подвижные смеси, не требующие уплотнения;
4. П5 — литевые.

Подвижность смеси измеряется конусом Абрамса; в зависимости от осадки бетонного конуса по сравнению с первоначальным размером назначается класс по подвижности. (рис. 1)

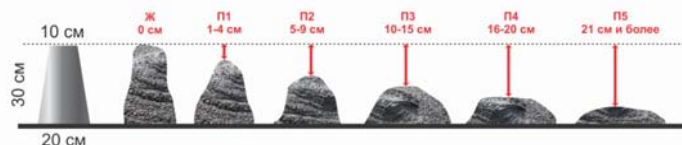


Рисунок 1 - конус Абрамса и сравнение в зависимости от осадков

Чем меньше в смеси воды, тем, теоретически, более высокую прочность можно ожидать от бетона.

Реакции гидратации полностью обеспечиваются при $w/c = 0,3$. Но при таком количестве воды получается очень жесткая смесь, которая требует серьезной обработки. В противном случае она не уплотнится, в бетоне останутся полости и крупные поры, которые снизят его прочность. (рис. 2, а)

Марка по удобоукладываемости	Норма удобоукладываемости по показателю			образец	масса	класс бетон
	жесткости, с	подвижности, см				
		осадка конуса	распływ конуса			
Сверхжесткие смеси						
СЖЗ	Более 100	-	-	норма	2212	В15
СЖ2	51-100	-	-			
СЖ1	50 и менее	-	-			
Жесткие смеси						
Ж4	31-60	-	-	+25% воды	2220	В12,5
Ж3	21-30	-	-			
Ж2	11-20	-	-			
Ж1	5-10	-	-			
Подвижные смеси						
П1	4 и менее	1-4	-	+50% воды	2180	В10
П2	-	5-9	-			
П3	-	10-15	-			
П4	-	16-20	26-30			
П5	-	21 и более	31 и более			

а

б

а

б

Рисунок 2 – Таблицы (а- таблица удобоукладываемости по показателю; б- влияние воды в бетонную смесь)

Добавление воды в бетонную смесь увеличивает ее подвижность; бетонная смесь становится более пластичной, самоуплотняющейся и укладывается без пустот, но излишняя вода отрицательно влияет на прочность, что можно видеть в таблице. (рис. 2, б)

Оптимальное решение этого противоречия — добавление пластификатора в бетонную смесь:

1. Пластификатор увеличивает подвижность смеси на 1—2 пункта без добавления лишней воды и, соответственно, без снижения прочности.

2. Добавление пластификатора повышает прочность бетона, поэтому, используя заданную марку цемента, для получения бетона расчетной прочности можно снизить количество цемента, как минимум, на 10% (до 20%), что, учитывая цены на цемент, обеспечит существенную экономию.

3. Смеси с добавлением пластификаторов, благодаря своей подвижности, легко укладываются и уплотняются, в некоторых случаях не требуя обработки вибрацией (литые смеси).

4. Пластификатор препятствует расслаиванию и увеличивает срок жизни бетонной смеси, что важно в том случае, если ее необходимо транспортировать к месту строительства.

5. Если в конструкции используется арматура, добавление пластификатора улучшает адгезию бетона к арматуре.

Суперпластификаторы сочетают пластифицирующее воздействие с другими свойствами: водоредуцирующим, противоморозным и другими. [5]

Заполнители бетона – это зерновые сыпучие материалы, составляющие до 85% объема бетона и раствора. Различают минеральные (каменные) и органические заполнители, но в бетонах чаще используют минеральные. По размеру зёрен их делят на мелкие (песок) и крупные (щебень или гравий), а по происхождению – на природные и искусственные. Структура заполнителей бывает плотной или пористой, в зависимости от используемых материалов. Выбор заполнителя зависит от требуемых свойств бетона: для высокопрочных – плотные породы, для лёгких – пористые, а для жаростойких – шамот. Основные функции заполнителей – снижение расхода вяжущего и уменьшение усадки, а в лёгких бетонах – снижение плотности и теплопроводности. Важный параметр – гранулометрический состав, позволяющий оптимально заполнить объём. Зерна должны быть чистыми и шероховатыми для лучшего сцепления с вяжущим. [6]

Повышение прочности обеспечивают такие методы обработки цемента, как:

1. мокрая активация цемента;
2. виброактивация цемента.

Мокрая активация цемента предполагает загрузку в бетономешалку всех компонентов, кроме песка и части воды. Затем, в течение 5 минут, крупный заполнитель растирает цемент, активизируя его, особенно если он лежалый. После активации добавляются оставшиеся компоненты смеси.

Виброактивация заключается в перемешивании и одновременной вибрации цемента с песком, в результате чего степень гидратации цемента повышается, а его активность увеличивается на 30–40%.

Бетонные сооружения, укрепленные арматурой, показывают более высокую прочность, чем не армированные изделия. Заменой или дополнением к арматуре выступает объемное армирование с помощью различных видов фибры. Бетон с добавлением фибры более прочный и устойчивый к образованию трещин, также он дает меньше усадки.

Основной способ армирования бетона — с помощью гладкой или рифленой арматуры. По назначению она бывает разной. Выделяют:

- рабочую арматуру, которая воспринимает растягивающие усилия;
- распределительную — распределяет нагрузку от рабочей на все ж/б изделие;
- монтажную — служит для объединения всех частей и общего усиления всего каркаса.

Как уже упоминалось, цемент — это вяжущее водного твердения, а это значит, что для образования кристаллической структуры плотного бетонного камня необходимо, чтобы высокая влажность поддерживалась, как минимум, до достижения критической прочности бетона.

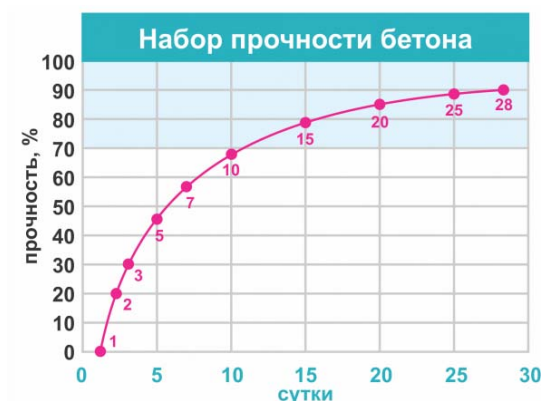


Рисунок 3 - таблица набора прочности бетона

Чтобы бетон набрал расчетную прочность, необходимо обеспечить оптимальные условия твердения: (рис. 3)

1. влажность воздуха, близкая к 100%;
2. температура воздуха 18–20 °С.

При влажности воздуха 40% твердение бетона практически прекращается.

Если окружающий воздух слишком сухой, применяется уход за бетоном: его поливают водой и укрывают пленкой для сохранения влажности. [5]

Чтобы определить прочность, используются кубические образцы материала с ребром 150 мм, которые сохнут в естественных условиях 28 дней. После их подвергают сжатию и определяют марку по прочности. Выделяют марки от М50 до М1000, которые отличаются сферой использования и свойствами:

- М50–М100: Непрочный бетон для штукатурки, заполнения пустот и подготовительных работ.
- М100–М150: Для заливки под фундамент, монтажа бордюров и устройства дорожек с небольшой нагрузкой.
- М200–М250: Подходит для бетонных полов, лестниц, бордюров и ленточных фундаментов при низких грунтовых водах.
- М300: Оптимален для фундаментов, малоэтажного строительства, подпорных стен и дорожек.
- М350: Выдерживает большие нагрузки, пригоден для фундаментов, стен многоэтажных домов, перекрытий и бассейнов.
- М400–М550: Высокопрочный бетон для мостов, плотин, взлетно-посадочных полос и банковских сейфов.

В готовом составе присутствуют поры, в которые попадает вода и воздух. Чем меньше поры, тем он более водостойкий. По водостойкости бетон маркируется буквой «W» с числовым показателем водостойкости:

- W2, W4: Высокая проницаемость, только для внутренних работ без требований к гидроизоляции.

- W6: Пониженная проницаемость, подходит для большинства строительных работ.

- W8: Низкая проницаемость, для объектов с высокой гидроизоляцией, например, бассейнов.

- W10–W20: Высокая влагостойкость, для сложных гидротехнических сооружений.

Морозостойкость обозначается буквой «F» с числовым показателем от F25 до F1 000. Для определения морозостойкости образцы смеси подвергают замораживанию и размораживанию до тех пор, пока прочность будет не менее 95%:

- ниже F50 используются только внутри помещений;
- F50–F150 обладают морозостойкостью, достаточной для создания объектов в умеренном климате;

- F150–F300 подходят для возведения конструкций в условиях климата с суровыми зимами;

- F300–F500 используются для объектов с переменным уровнем воды, например, гидротехнических сооружений в море.

- более F500 применяется очень редко, когда нужно построить объект, который будет служить более века.

Показатель морозостойкости особенно важен для строительства на очень влажных почвах, для возведения мостов, когда перепады температур оказывают негативное влияние на конструкцию.

Помимо классификации по прочности, бетоны подразделяются на группы и по другим признакам:

1. по подвижности;
2. по морозостойкости;
3. по водостойкости;
4. по плотности (легкие, особо легкие, тяжелые, особо тяжелые);
5. по назначению;
6. по виду вяжущего (полимерцементные, гипсовые, шлакощелочные, силикатные, цементные, специальные).

В современном строительстве некоторые виды бетона пользуются особым спросом:

1. пенобетон;
2. газобетон;
3. фибробетон (с добавлением фибры);
4. деревобетон (разновидность опилкобетона);
5. полистиролбетон;
6. кевларобетон (еще его называют ультрабетон) [7]

Коррозия бетона представляет собой серьезную проблему, влияющую на долговечность и безопасность строительных конструкций. Знание различных видов коррозии, их причин и механизмов является необходимым для выбора эффективных методов защиты и ремонта. Постоянное развитие технологий и материалов в области защиты бетона от коррозии позволяет разрабатывать все более эффективные и экономичные решения. Внедрение новых методов и по-

стоянный контроль за состоянием бетонных конструкций является залогом их долговечной и безопасной эксплуатации. В конечном счете, правильный выбор стратегии борьбы с коррозией бетона является ключевым фактором для обеспечения устойчивости и надежности инфраструктуры.

Список литературы

1. История появления бетона / Стройтех: <https://stroyteh-ural.ru/stati/25-istoriya-pojavleniya-betona.html> (дата обращения: 18.05.2025)
2. Основные свойства бетона и его виды / KSGidro: <https://ksgidro.ru/tekhnicheskie-resheniya/osnovnyie-svoystva-betona-i-ego-vidyi.html> (дата обращения: 18.05.2025)
3. Бетон / Большая Российская энциклопедия: <https://bigenc.ru/c/beton-1db3de> (дата обращения: 18.05.2025)
4. Прочность бетона: от чего он зависит / CEMMIX: <https://cemmix.ru/clauses/prochnost-betona-ot-chego-ona-zavisit?ysclid=mawx9ytn2i384310089> (дата обращения: 18.05.2025)
5. Определение активности цемента / Интер прибор: [https://www.interpribor.ru/determination-type-\(activity\)-cement?ysclid=mawxx63xh8686129025](https://www.interpribor.ru/determination-type-(activity)-cement?ysclid=mawxx63xh8686129025) (дата обращения: 18.05.2025)
6. Заполнители для бетонов / Большая Российская энциклопедия: <https://bigenc.ru/c/zapolniteli-43b17c?ysclid=mawyea9tzi594353083> (дата обращения: 18.05.2025)
7. Марки бетона и их применения / Группа компаний Тактика: <https://72taktika.ru/articles/marki-betona-i-ikh-primenenie/?ysclid=mawyuqqlch821951204> (дата обращения: 18.05.2025)
8. Горохов, И. А. Конструкции эксплуатируемых крыш / И. А. Горохов, С. И. Меркулов // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2025. – № 2(1086). – С. 54-57. – EDN PMAKQQ.
9. Горохов, И. А. Городской культурно-просветительский центр советского модернизма в Курске / И. А. Горохов, С. И. Меркулов // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2025. – № 2(1086). – С. 57-61. – EDN DIUCXK.
10. Горохов, И. А. Строительные материалы, изготовленные с использованием сельскохозяйственных отходов / И. А. Горохов, Ю. И. Гладышкина, А. О. Гладышкин // Молодежь и наука: шаг к успеху : Сборник научных статей 8-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 4-х томах, Курск, 20–21 марта 2025 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 346-349. – EDN UJBYIA.
11. Горохов, И. А. Екатеринбург - Уральская столица высотного строительства / И. А. Горохов // Ресурсосбережение и экология: агропромышленный комплекс, проектирование и строительство : сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 21 ноября 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 132-148. – EDN OPDPOP.
12. Горохов, И. А. Грозный-сити - самый южный кластер высотных зданий в России / И. А. Горохов // Наука молодых - будущее России: Сборник научных статей 9-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 5-ти томах, Курск, 12–13 декабря 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 139-147. – EDN RDBGMR.

ДРОБЕНКО АЛЁНА ЮРЬЕВНА, магистрант

УДОД СЕРГЕЙ ВИТАЛЬЕВИЧ, магистрант

РЫНДИН КИРИЛЛ СЕРГЕЕВИЧ, магистрант

СОЛОНОВ ГЕННАДИЙ ГЕННАДЬЕВИЧ, ст. преподаватель

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия

e-mail: dasha_leyer@msil.ru

ГЛУБОКИЕ КОТЛОВАНЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Глубокие котлованы представляют собой важный элемент современного градостроительства, особенно в условиях плотной городской застройки, где требования к использованию пространства становятся все более жесткими. Возведение таких котлованов актуально для различных строительных проектов — от жилых и коммерческих зданий до подземных парковок и технических сооружений. Настоящая статья рассматривает ключевые аспекты проектирования и строительства глубоких котлованов в условиях плотной городской застройки, анализируя современные подходы, технологии и практические примеры успешных проектов. аппаратура и обеспечение безопасности.

Ключевые слова: котлован, строительные технологии, сваи, шпунты, цементация, буронабивные и буропогруженные сваи, береговые стены, дренажные системы.

Строительство в плотной городской застройке представляет собой сложную инженерную задачу, где необходимо учитывать множество факторов, влияющих на безопасность и стабильность как нового строительства, так и имеющихся соседних объектов [1, 2, 3]. Одним из ключевых этапов данного процесса является создание глубоких котлованов, которые часто требуются для возведения подземных уровней, парковок, хозяйственных и технических помещений.

Процесс проектирования и возведения глубоких котлованов требует комплексного подхода, включающего детальное изучение геологических условий, оценку баланса нагрузок и применения необходимых технологий для обеспечения устойчивости и безопасности как нового строительства, так и окружающих объектов. В условиях плотной городской застройки [4, 5, 6] необходимы специальные методы укрепления стенок котлована и управления уровнем грунтовых вод, а также мониторинг состояния близлежащих зданий, чтобы избежать возможных негативных последствий.

Глубокий котлован — это выемка в земле, которая превышает определенную глубину (обычно более 3 метров) и используется для строительства подземных частей зданий. Глубокие котлованы играют важную роль в:

- Увеличении полезной площади: позволяют создать дополнительные уровни, что особенно актуально в условиях ограниченного пространства в городах.
- Снижения нагрузки на поверхность: распределение массы здания на подземные уровни помогает снизить давление на почву и предотвратить оседание.

- Создании недоступных для посторонних помещений: например, паркингов, складов, технических помещений и т.д.

Проектирование глубоких котлованов требует детального анализа и планирования [7, 8, 9]. Перед началом работ необходимо провести комплексные геологические и геодезические исследования. Это включает изучение: структуры почвы, уровня подземных вод, рассмотрение возможных сдвигов и обрушений.

Проектирование котлована включает в себя разработку чертежей и схем котлована, включая их размеры и глубину котлована, системы стенок и укреплений, а также проектирование дренажных систем для управления уровнями грунтовых вод [11, 12, 13].

При строительстве глубоких котлованов в условиях плотной городской застройки используются различные строительные технологии и методы, которые обеспечивают стабильность и безопасность.

1. Укрепление стенок котлованов

Одним из обязательных этапов при создании глубоких котлованов является укрепление их стенок, чтобы избежать обрушений грунта. Для этого могут применяться различные методы:

- Береговые стены: используются как временные или постоянные конструкции для удержания грунта. Они могут быть из металла или бетона и выполняются с учетом специфики глинистых, песчаных или смешанных почв.
- Буронабивные и буропогруженные сваи: эти конструкции позволяют создавать прочные вертикальные ограждения, которые обеспечивают необходимую стабильность котлована. Буронабивные сваи могут быть особенно полезны в условиях ограниченного пространства, поскольку их установка требует меньшей площади, чем традиционные методы.
- Металлические и бетонные шпунты: шпунтовые стены, изготовленные из стали или бетона, способны эффективно удерживать грунт и минимизировать осадки. Они могут быть установлены с помощью гидромолота или методом вибрации.



Рисунок 1 - Применение стенки из шпунтовых свай для укрепления откосов котлована

2. Дренажные системы

Контроль уровня подземных вод является критически важным аспектом при строительстве глубоких котлованов. Для этого используются различные дренажные системы:

- Вертикальные и горизонтальные дренажи: вертикальные дренажные трубы позволяют отводить воду из грунта, а горизонтальные дренажи могут быть применены для снижения давления воды на стенки котлована.

- Насосные системы: питание и управление насосами, предназначенными для откачки воды, позволяют поддерживать уровень влажности грунта на безопасном уровне, предотвращая затопление котлована во время строительного процесса.

3. Инновационные технологии

С развитием технологий в строительстве различные инновационные методы становятся все более популярными:

- Метод сухого укрепления: использует специальную технику, при которой активно применяется инъекционное упрочнение, что позволяет обеспечить необходимую поддержку грунта с минимальными затратами пространства.

- Дистанционный мониторинг: используется для отслеживания состояния котлована и его окрестностей. Системы, основанные на датчиках и сенсорах, позволяют контролировать изменения в грунте и определять возможные риски.

- 3D-моделирование: применение современного ПО для создания 3D-моделей территории, позволяющего подробно проанализировать взаимодействие между грунтом и существующими конструкциями, что помогает более точно спроектировать глубокий котлован.



Рисунок 2 - Применение цементация стенок котлована для укрепления откосов котлована

4. Учет воздействий и безопасность

При строительстве глубоких котлованов в условиях плотной городской застройки важно минимизировать воздействие на окружающую среду и обеспечивать безопасность всех участников процесса:

- Мониторинг соседних зданий: регулярное отслеживание состояния близлежащих объектов позволяет своевременно выявить возможные проблемы и предотвратить их.

- Планирование и управление рисками: необходимо заранее оценить все потенциальные риски и разработать стратегии для их минимизации на всех этапах строительства.

- Четкое позволение и согласование работ: важно получить все необходимые разрешения от местных властей и соблюдать нормы и правила, касающиеся безопасности и экологии.

Список литературы

1. Ляшенко П. А. Совершенствование технологии испытания буронабивной висячей сваи / П. А. Ляшенко, В. В. Денисенко, М. Б. Мариничев // Строительство: новые технологии – новое оборудование. – 2020. – № 6. – С. 12-20.
2. Мариничев М. Б. Исследование работы буровых висячих свай в составе фундаментов многоэтажных и высотных зданий : монография. – Краснодар: Изд-во ООО «Просвещение-Юг», 2022. – 155 с.
3. Патент РФ на изобретение № 2760557. Устройство для измерения сдвиговых деформаций грунта относительно железобетонной конструкции / П. А. Ляшенко, В. В. Денисенко, М. Б. Мариничев // Изобретения. Полезные модели. – 2021. – № 34.
4. Ляшенко, П. А. Описание работы буронабивных свай в группе с использованием расширенной схемы сопротивления грунтового основания / П. А. Ляшенко, В. В. Денисенко, М. Б. Мариничев // Строительство и реконструкция. – 2021. – № 2 (94). – С. 46–55.
5. Патент РФ на изобретение № 2770294. Способ испытания грунтового основания буронабивной висячей сваей / П. А. Ляшенко, В. В. Денисенко, М. Б. Мариничев // Изобретения. Полезные модели. – 2022. – № 11.
6. Полищук А.И., Мариничев М.Б. Основания и фундаменты, подземные сооружения; под ред. А.И. Полищука. 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2023. – 558 С.
7. Мариничев М. Б. и др. Особенности расчета и конструирования свайных фундаментов высотных зданий в сложных грунтовых условиях // Свайные фундаменты: тенденции, проблемы и перспективы развития / Сборник Презентации и тезисы докладов II международной научно-практической конференции). – М. : Изд-во Международная ассоциация фундаментостроителей, 2020. – С. 44–103.
8. Ляшенко П. А. Сопротивление основания буронабивной висячей сваи внешней нагрузке / Ляшенко П. А., Денисенко В. В., Мариничев М. Б. // Строительство и реконструкция. – 2020. – № 5(91). – С. 22–31.
9. Мариничев М. Б. Особенности учета инженерно-геологического строения оснований пойменных территорий в сейсмических районах при выборе технических решений фундаментов высотных зданий // Вестник ПНИПУ. – 2018. – № 01 (9) – С. 103–113.
10. Мариничев М. Б. Разработка конструктивного решения вертикально армированного основания плитного фундамента высотного здания в сейсмическом районе / М. Б. Мариничев, И. Г. Ткачев // Строительство и архитектура. – 2016. – Т.4. № 1. – С. 37-44
11. Ляшенко, П. А. и др. Обобщенные характеристики в глинистых грунтах буронабивных свай / П. А. Ляшенко, В. В. Денисенко, М. Б. Мариничев // Строительство: новые технологии – новое оборудование, № 5, 2019. – С. 24–30.
12. Мариничев, М. Б. Опыт реализации нестандартных методов проектирования и строительства фундаментов высотных зданий в сейсмических районах / М. Б. Мариничев // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2017. – № 125. – С. 623–657.
13. Патент РФ на изобретение №2303106. Способ возведения плитного фундамента повышенной жесткости / Шадунц К.Ш., Мариничев М.Б., Демченко В.А. // Бюл. изобр., 2007. – № 20.

ЖАРИКОВ ИГОРЬ СЕРГЕЕВИЧ, доц.
ЛОГВИНОВА ЮЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА, студент бакалавр
 Белгородский государственный технологический университет
 им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия
 (e-mail: logvinovaulia89@gmail.com)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИК ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ, ВОЗВЕДЕННЫХ В XIX ВЕКЕ

В статье обосновывается необходимость модернизации существующих методик обследования зданий XIX века через комплексный подход, объединяющий традиционные методы диагностики с современными технологиями неразрушающего контроля и компьютерного моделирования, что позволяет не только повысить точность выявления дефектов конструкций и материалов, но и обеспечить сохранность аутентичных элементов при соблюдении современных требований безопасности и эксплуатационной надежности.

Ключевые слова: BIM (BuildingInformationModeling), BIM-технологии, информационное моделирование, трехмерное сканирование, строительно-техническая экспертиза, дефекты, трещины.

Введение: Современные методы оценки технического состояния сооружений, включая строительную экспертизу для классификации категорий конструктивной надежности и выявления причин дефектов, регламентируются положениями ключевых нормативных актов [1], [2]. Эти документы опираются на методики, сочетающие визуальный анализ с ограниченной инструментальной базы, без учета применения современных цифровых решений.

Актуальные стандарты не учитывают перспективы интеграции инновационных подходов, используемых в архитектурно-строительной сфере. В частности, речь идет о технологиях информационного моделирования (BIM – Building Information Modeling), которые позволяют создавать цифровой модели объектов с детальными характеристиками. Отсутствие механизмов внедрения таких решений в нормативную базу ограничивает возможности комплексного анализа, включая прогнозирование эксплуатационных рисков и оптимизацию ремонтных мероприятий.

Инновации в области BIM находятся в фокусе внимания последнего десятилетия. В соответствии с указом Президента РФ, правительству поручено организовать поэтапный переход к системе управления жизненным циклом строительных объектов через внедрение BIM. Эта мера направлена на цифровизацию отрасли и улучшение стандартов качества возводимых конструкций [3]. Однако распространение технологии сталкивается с рядом вызовов: как и любая инновация, BIM имеет как сильные стороны, так и ограничения, требующие анализа [4-5]. При этом эксперты отмечают прогресс в её адаптации.

Использование BIM-моделей для действующих сооружений позволяет осуществлять мониторинг инженерных систем в режиме реального времени. Такой подход способствует поддержанию нормативов безопасности, соблюдению

эксплуатационных требований и минимизации финансовых потерь при возникновении нештатных ситуаций.

Особую сложность представляет диагностика уникальных объектов: транспортных тоннелей, мостовых переходов, памятников архитектуры и сложных инженерных сетей. Традиционные методы обследования в этих случаях требуют значительных временных ресурсов, финансирования и привлечения узких специалистов. Дополнительные трудности возникают при работе на функционирующих объектах, где приостановка деятельности невозможна. Это создаёт условия повышенного риска для сотрудников, участвующих в изысканиях [10].

Методология: Сформировавшаяся концепция расчетно-информационного моделирования основанная на применении BIM-технологий и 3D сканирования на сегодняшний день может эффективно использоваться при проведении технического обследования и строительной экспертизы зданий, сооружений или их отдельных конструкций, когда результативное решение основных технических задач обследования и экспертизы (моделирование, расчет, диагностика, рекомендации) может быть получено при комплексном использовании отраслевого софта BIM, имеющего стандартизированные форматы информационного обмена [6].

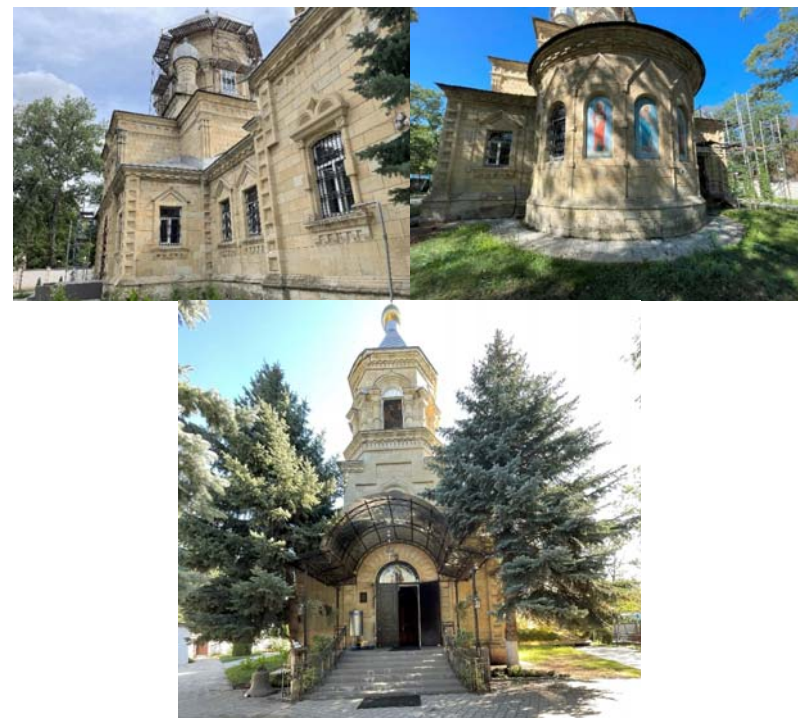


Рис. 1. Внешний вид обследуемого здания

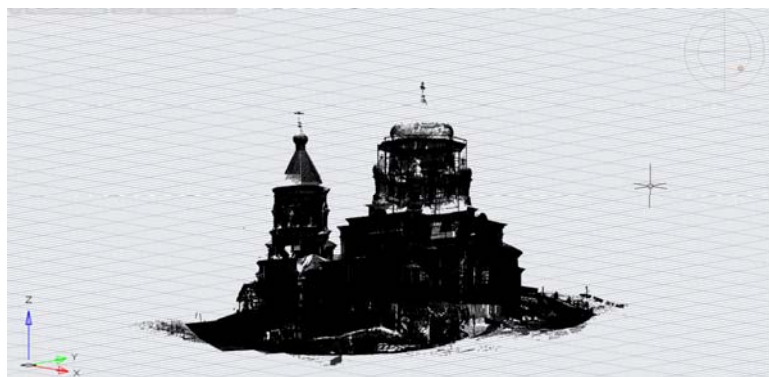
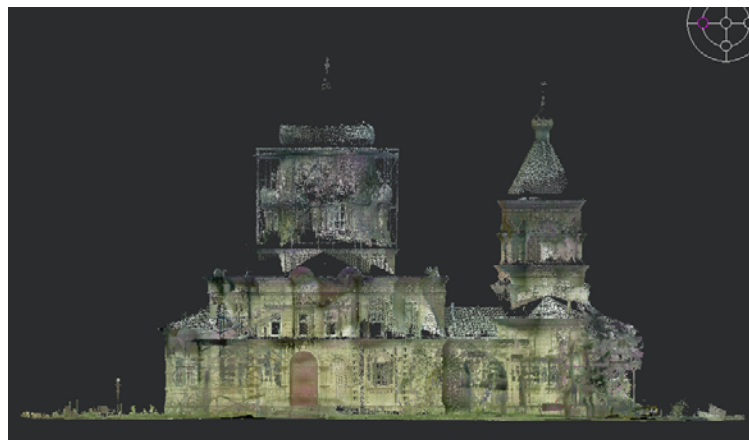


Рис. 2. Облако точек по результатам лазерного 3D сканирования

Основная часть: Прикладное применение концепции BIM и 3D сканирования в экспертной деятельности рассмотрим на примере обследования храма Архан-

гела Михаила, возведенного в 1885 году, расположенного по адресу: Карачаево-Черкесская Республика, Усть-Джегута, ул. Щекута, 36, с целью установления дефектов и причин их возникновения.

Стены храма выполнены из светлого песчаника, что придает ему величественный вид. Купол сделан из металла, фундамент – ленточный. Фасад здания украшен декоративными элементами из камня, которые подчеркивают его архитектурные особенности (рис. 1).

Для обследования использовался тахеометр Leica MS60, который работает на основе измерения углов поворота линии визирования в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Одновременно прибор определяет расстояния до объектов, что позволяет точно установить их координаты. Устройство оснащено лазерным дальномером, способным работать как с призмными отражателями, так и с диффузными объектами.

Сканирование проводилось поэтапно, с использованием нескольких станций. Полученные данные обрабатывались в программе Leica Cyclone, что позволило создать единую BIM-модель. В результате был сформирован массив точек (облако точек), где каждая точка имеет уникальные координаты. Это облако точек отражает геометрию сложных архитектурных форм и расположение объектов в пространстве (рис. 2).



Рис. 3. Внешний вид трещин в цоколе и под окнами

Трехмерная информационная модель предоставляет возможность наглядно представить текущее состояние объекта, что значительно упрощает обнаружение видимых дефектов и повреждений конструкций. Благодаря детальной визуализации отдельных элементов и узлов, процесс их обследования становится

более эффективным. Специализированное программное обеспечение позволяет анализировать отклонения фактической геометрии от проектной, что помогает выявлять нарушения в геометрии конструкций, вызванные деформациями, осадками или другими негативными факторами.

В результате проведенного визуального и инструментального обследования храма экспертами были установлены следующие дефекты:

- Мелкие трещины в цоколе и под окнами шириной до 2 мм (рис. 3);
- Отдельные трещины и выбоины шириной до 1 мм (рис. 4);
- Сколы, выпадение отдельных камней в надземной части цоколя (рис. 5);
- Следы увлажнения цоколя (рис. 5).



Рис. 4. Внешний вид отдельных трещин и выбоин до 1 мм



Рис. 5. Внешний вид сколов, выпадение отдельных камней в надземной части, следы увлажнения цоколя

Вывод: Использование BIM-технологий в сочетании с лазерным сканированием и фотограмметрией демонстрирует значительные преимущества перед традиционными методами обследования зданий. Эти методы обеспечивают повышенную точность измерений, снижают трудозатраты и позволяют интегрировать BIM-модель в последующие этапы жизненного цикла объекта. Такой подход способствует существенной экономии на этапе эксплуатации и при проведении последующих осмотров.

Список литературы

1. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений»
2. ГОСТ 31937-2024 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»;
3. Кривоногов А., Захарова Г., Плотников С. Внедрение BIM-технологий в образовательную программу архитектурного университета. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20181460101>.
4. Галиева А.Б., Алехин В.Н., Антипин А.А., Городилов С.Н. Поиск дефектов при обследовании гражданских и промышленных зданий и сооружений на основе технологии лазерного сканирования и подхода информационного моделирования (BIM). [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20181460107>.
5. Баденко В., Зотов Д., Федотов А. Гибридная обработка данных лазерного сканирования. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/2018301047>.
6. Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений ФЦ ВНИИ ГОЧС. — М.: 2003. — 85с.
7. Применение BIM технологий при обследовании зданий и сооружений [Электронный ресурс]. URL: https://kursk.polyalpan-msk.ru/articles/primenenie_bim_tekhnologiy_pri_obsledovanii_zdaniy_i_sooruzheniy
8. Анализ данных информационной модели [Электронный ресурс]. URL: https://polyalpan-msk.ru/articles/primenenie_bim_tekhnologiy_pri_obsledovanii_zdaniy_i_sooruzheniy
9. Эффективное использование BIM технологий при проведении строительно-технической экспертизы [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnoe-ispolzovanie-bim-tehnologiy-pri-provedenii-stroitelno-tehnicheskikh-ekspertiz>
10. Сборник трудов X конференции «Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ozis-venture.ru/files/docs/conference-2021/XI-Conference-materials-2021.pdf>

ЗЛОБИН НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, магистрант
ШМИДТ ОЛЕГ АЛЕКСАНДРОВИЧ, доцент, канд. техн. наук
Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия
e-mail: dasha_leyer@msil.ru

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ БЕТОНЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВ ДЛЯ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

В данной статье рассматриваются современные тенденции развития высокопрочных бетонов нового поколения, анализируются их составные характеристики и технологические аспекты производства. Особое внимание уделено необходимости модернизации производственных процессов для обеспечения выпуска многокомпонентных бетонных смесей с улучшенными эксплуатационными свойствами. Приводятся практические примеры внедрения новых технологий и оборудования на российских предприятиях. Рассмотрены экономические и экологические преимущества использования высокопрочных бетонов в современном строительстве.

Ключевые слова: высокопрочный бетон, модернизация производств, композиционные материалы, микрокремнезем, суперпластификаторы, самоуплотняющиеся бетоны, удельный расход цемента.

Современная строительная отрасль демонстрирует устойчивую тенденцию к ужесточению эксплуатационных требований к бетонным конструкциям [1], что особенно актуально в контексте интенсивной урбанизации и возведения объектов уникальной архитектуры и инфраструктуры. Анализ текущего состояния отечественной отрасли производства бетонов свидетельствует об определенном технологическом отставании: как показывают исследования, за последние два-три десятилетия принципиальных изменений в рецептурных составах смесей не произошло [2].

Подавляющее большинство предприятий продолжают оперировать традиционными трех- или четырехкомпонентными системами («цемент-песок-щебень-вода») с эпизодическим применением пластифицирующих добавок. В отличие от российской практики, международный опыт отражает активный переход к созданию и внедрению высокопрочных бетонов нового поколения, демонстрирующих показатели прочности на сжатие 100-150 МПа и выше, что обуславливает необходимость не только пересмотра рецептурного состава, но и фундаментальной трансформации технологических процессов производства [8, 9, 10]. Современная классификация бетонов по прочностным характеристикам претерпела значительную эволюцию за последние десятилетия, отражая прогресс в материаловедении и технологии строительства [3]. Если в 1950-х годах к категории высокопрочных относили бетоны классов В25-В40 (соответствующих маркам М300-М500), то уже в 1960-х годах этот показатель повысился до В50-В60. В настоящее время, согласно международным стандартам, к высокопрочным бетонам относят материалы с прочностью при сжатии в 28-суточном воз-

расте от 70 до 150 МПа. Европейский стандарт EN 206 предусматривает возможность изготовления и применения бетонов класса до В100, что свидетельствует о постоянном развитии нормативной базы в области строительных материалов. Современная классификация включает несколько категорий: обычные бетоны с прочностью 15-50 МПа, высокопрочные (50-100 МПа), особовысокопрочные (100-150 МПа) и сверхвысокопрочные бетоны, превышающие 150 МПа. Каждая из этих категорий характеризуется специфическим водоцементным соотношением и набором модифицирующих добавок, что определяет их применение в различных областях строительства.

Высокопрочные бетоны принципиально отличаются от традиционных составов комплексным подходом к формированию их компонентного состава и повышенными требованиями к качеству исходных материалов [4]. Ключевым фактором достижения повышенных прочностных характеристик является радикальное снижение водоцементного отношения (В/Ц) до 0,2-0,3, что невозможно без применения высокоэффективных пластифицирующих добавок последнего поколения.

Основу вяжущей системы составляет портландцемент марок М550-М600 с удельной поверхностью частиц порядка 5000 см²/г [4]. В качестве заполнителей применяются щебень из прочных горных пород (базальт, гранит, диабаз) с кубической формой зерен и тщательно отсортированный кварцевый песок без глинистых и пылевых примесей [6]. Существенную роль играют минеральные добавки: микрокремнезем, зола-унос, метакаолин и каменная мука из плотных известняков, которые обеспечивают плотную упаковку частиц и снижение пористости.

Важнейшим компонентом являются химические добавки, прежде всего поликарбоксилатные суперпластификаторы, позволяющие управлять реологическими свойствами смеси. Критически важным параметром выступает удельный расход цемента на единицу прочности (кг/МПа), который для бетонов нового поколения не должен превышать 4-5 кг/МПа [2]. Это означает расход цемента не более 600 кг/м³ для бетона прочностью 150 МПа и не более 200 кг/м³ для бетона прочностью 40 МПа.

Одной из основных проблем внедрения высокопрочных бетонов в России является моральное и физическое старение производственной базы. Большинство бетоносмесительных узлов рассчитаны на дозирование лишь трех сухих компонентов, в то время как современные рецептуры требуют использования 6-8 компонентов. Анализ текущей ситуации показывает, что российская бетонная промышленность за последние 20-30 лет не претерпела существенных изменений в части рецептуры бетонных смесей. Как отмечают эксперты, для основного количества регионов традиционная четырехкомпонентная рецептура бетонных смесей "цемент-песок-щебень-вода" пополнилась лишь суперпластификаторами, способными существенно повысить прочность бетона. Для строительства уникальных зданий и сооружений она включает еще один компонент - микрокремнезем.

Для производства высокопрочных бетонов необходимо решение следующих технологических задач: производство дисперсных порошковых наполнителей из местных горных пород с удельной поверхностью 3000-4000 см²/г; улучшение качества песков с отмывкой от илистых, глинистых и пылеватых примесей; организация специализированных карьеров для производства не только щебня, но и каменной муки, тонкого дробленого песка; наращивание производства поликарбоксилатных суперпластификаторов [1]. Критически важным является оснащение производств современным оборудованием: высокоточные системы дозирования с автоматическим контролем влажности заполнителей; смесители принудительного действия (планетарные или двухвальные); системы контроля температуры сырья и готовой смеси; коротковолновые датчики влажности нового поколения. Современные смесители принудительного действия должны обеспечивать планетарный или двухвальный принцип работы, исключающий насыщение смеси воздухом. Системы дозирования должны гарантировать точность взвешивания не более $\pm 0,5\%$ для вяжущих и $\pm 1\%$ для заполнителей. Автоматические датчики контроля влажности с обратной связью и системы подогрева/охлаждения инертных материалов становятся обязательными элементами технологической линии.

Опыт внедрения новых технологий на российских предприятиях демонстрирует перспективность данного направления. В г. Рязани введен в эксплуатацию новый завод ЖБИ с несколькими бункерами для дозирования 6-8 компонентов. В г. Тольятти на бетономесительном узле установлено 8 бункеров для компонентов бетона, приобретены дробилка и мельница для дробления и помола известняка. Особого внимания заслуживает опыт производства самоуплотняющегося бетона (СУБ), который является вершиной прогресса в технологии бетонов. В Евросоюзе доля СУБ на заводах сборного железобетона достигает 50%, в то время как в России такие бетоны практически не производятся. Получение СУБ невозможно без использования каменной муки, тонкого песка и оптимизированной гранулометрии заполнителей. Перспективным направлением является организация цехов по выпуску тонкого природного песка и молотого песка (известняка, доломита) на базе крупных ДСК и ЖБК. Как показывает практика, себестоимость 1 тонны молотого кварцевого песка составляет 500-600 рублей, а молотого известняка - еще ниже.

Внедрение высокопрочных бетонов нового поколения имеет не только технические, но и значительные экономические и экологические преимущества: снижение расхода цемента в 1,5-2 раза при равной прочности; уменьшение транспортных расходов благодаря снижению объема материала; сокращение трудозатрат при укладке за счет самоуплотняющихся свойств; повышение долговечности конструкций в 2-3 раза; снижение выбросов CO₂ на 25% за счет уменьшения количества цемента [2]. Высокопрочные бетоны позволяют создавать более легкие и изящные конструкции, высвобождать дополнительное пространство внутри зданий, уменьшать габариты опалубки для колонн, балок и стеновых элементов. Важным аспектом является также экологическая составляющая. Использование золы-уноса, микрокремнезема и других промышлен-

ных отходов в составе бетонов не только улучшает их характеристики, но и способствует решению проблемы утилизации отходов промышленного производства [5, 7].

Развитие технологии высокопрочных бетонов в России связано с решением ряда системных задач. Согласно исследованиям, для успешного внедрения новых видов бетонов необходимо: разработка и внедрение национальных стандартов для высокопрочных и самоуплотняющихся бетонов; создание системы подготовки кадров, способных работать с новыми материалами и технологиями; стимулирование модернизации производственных мощностей через государственные программы поддержки; развитие научно-исследовательской базы для дальнейшего совершенствования составов и технологий. Особую перспективу представляют так называемые "сверхпрочные бетоны" с прочностью 150-250 МПа, которые позволяют создавать конструкции с исключительной несущей способностью, тонкостью контуров и долговечностью. Применение таких материалов открывает новые возможности в мостостроении, высотном строительстве и создании уникальных архитектурных объектов.

Таким образом, переход на высокопрочные бетоны нового поколения требует комплексной модернизации российской строительной отрасли. Ключевые направления включают: обновление нормативной базы, модернизацию производственных мощностей для работы с многокомпонентными составами, разработку отечественных суперпластификаторов и минеральных добавок, а также подготовку квалифицированных кадров. Внедрение современных технологий позволит значительно улучшить эксплуатационные характеристики бетонных конструкций при одновременном снижении расхода цемента и уменьшении экологической нагрузки. Это откроет новые возможности для высотного строительства, мостостроения и создания архитектурных объектов сложной формы.

Список литературы

1. Калашников В.И. Высокопрочные бетоны нового поколения // Строительные материалы. - 2020. - № 5. - С. 34-38.
2. Мороз М.Н. Современные тенденции развития бетоноведения // Вестник МГСУ. - 2019. - № 3(12). - С. 45-52.
3. Петров Ю.В. Технология самоуплотняющихся бетонов. - М.: Стройиздат, 2018. - 256 с.
4. Баженов Ю.М. Современные строительные материалы. - М.: АСВ, 2020. - 312.
5. Болгов, И. В. Оценка технического состояния строительных конструкций трехэтажного здания / И. В. Болгов, С. П. Шатилин, Ю. Ю. Дисиков // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений : Материалы 18-ой Международной научно-практической конференции, Новочеркасск, 22 октября 2019 года. - Новочеркасск: ООО "Лик", 2019. - С. 94-103. - EDN UKUYXG.
6. Горохов, Е. В. Анализ влияния конструктивных особенностей узловых соединений на несущую способность центрально сжатых стержней структурных покрытий / Е. В. Горохов, А. В. Мушанов // Металлические конструкции. - 2017. - Т. 23, № 3. - С. 139-151. - EDN YWFIQO.
7. Polishchuk, A. I. Method for calculating the settlement of ring pile foundations of tanks / A. I. Polishchuk, O. A. Shmidt // Journal of Physics: Conference Series. - 2021. - Vol. 1928, No. 1. - P. 012043. - DOI 10.1088/1742-6596/1928/1/012043. - EDN VRARLP.
8. Полищук, А. И. Результаты статических испытаний баретт повторным нагружением / А. И. Полищук, О. А. Шмидт // Современные вопросы геотехники : Сборник научных статей

по материалам конференции, посвященной 75-летию профессора А. И. Полищука, Краснодар, 28 июля 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2024. – С. 186-193. – EDN TMUPHN.

9. Лейер, Д. В. Взаимодействие свайных фундаментов защитных сооружений опор эстакад с глинистыми грунтами на оползневых склонах : специальность 05.23.02 "Основания и фундаменты, подземные сооружения" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лейер Дарья Валерьевна. – Краснодар, 2016. – 22 с. – EDN XBQIBV.

10. Лейер, Д. В. Оптимизация методики расчета защитного сооружения на свайном основании, "обтекаемого" оползневыми глинистыми грунтами / Д. В. Лейер // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 119. – С. 1200-1216. – EDN WAFLAB.

ИВАНОВА АННА СЕРГЕЕВНА, студент

Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия
(e-mail: anssvi@yandex.ru)

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

В нынешних реалиях вопрос безопасности железобетонных конструкций при чрезвычайных воздействиях выходит на первый план. Устойчивость и долговечность строительных объектов - это уже не просто технические требования, а фундаментальные условия экономической эффективности и, что самое важное, сохранения человеческих жизней.

Ключевые слова: конструкции, железобетон, устойчивость, долговечность, надежность, воздействия.

Железобетонные конструкции представляют собой композит, в котором бетон, устойчивый к сжатию, и стальная арматура, выдерживающая растяжение, работают как единое целое, эффективно сопротивляясь нагрузкам.

Классификация экстремальных воздействий

Основные виды воздействий:

- Температурные (низкие и высокие)
- Механические (ударные, взрывные)
- Природные (ураганы, смерчи)
- Техногенные (пожары, аварии)

Температурные воздействия

Температурные деформации бетона при охлаждении ниже -20°C усугубляются фазовым переходом воды в порах. После первоначального сжатия матрицы, при температурах $-40...-60^{\circ}\text{C}$, вода замерзает полностью. Кристаллизующийся лед расширяется, создавая избыточное давление внутри структуры бетона, что и вызывает разрушающие деформации. [1]

Дегградация железобетона при нагреве развивается по нарастающей: сначала (до 200°C) сохраняется структурная стабильность с возможным упрочнением,

затем ($200-400^{\circ}\text{C}$) начинается необратимое снижение прочности из-за дегидратации и усадки, а при превышении 400°C наступает критическая фаза с резкой потерей прочности бетона и арматуры и нарушением их совместной работы.

Механические воздействия

Механические воздействия вызывают в железобетонных конструкциях ряд дефектов, от поверхностных (трещины, сколы, отслоения) до внутренних (нарушение сцепления, деформация каркаса, пустоты). Их совокупное влияние ведет к системной дегградации: снижается несущая способность, жесткость и трещиностойкость, ухудшаются защитные свойства бетона, что в итоге компрометирует надежность и долговечность конструкции. [2]

Природные воздействия

Ветровые нагрузки создают знакопеременные напряжения, вызывающие усталость материала и трещинообразование, а в сейсмических зонах от конструкций требуются не только прочность, но и повышенная пластичность.

Дополнительный вклад в дегградацию вносят абразивный износ от переносимых ветром частиц и биокоррозия - разрушение бетонной структуры под воздействием микроорганизмов, грибов и мхов, выделяющих агрессивные вещества.

Техногенные воздействия

Техногенные факторы активно разрушают железобетонные конструкции.

Промышленные выбросы вызывают коррозию бетона и арматуры, а постоянные вибрации от оборудования создают усталостные повреждения. Техногенные аварии и нарушения эксплуатации усугубляют эти процессы. В результате стремительно снижается несущая способность конструкций, требуя дорогостоящего ремонта и досрочного вывода объектов из эксплуатации. [3]

Для защиты железобетонных конструкций применяют комплекс мероприятий: огнестойкие покрытия и штукатурки для повышения пожарной безопасности; ингибиторы коррозии и защитные составы для антикоррозионной защиты; усиление конструкций и монтаж защитных экранов для механической защиты. Эти меры значительно повышают долговечность и надежность сооружений. [4,5]

Таким образом, поведение железобетона в критических условиях - ключевой вызов для строительной науки. Современные решения в области защиты конструкций направлены на создание объектов, устойчивых к различным внешним воздействиям.

Дальнейший прогресс в этой сфере невозможен без интеграции передовых разработок из материаловедения, механики и цифровых технологий, что позволит принципиально повысить безопасность и долговечность строительных объектов.

Список литературы

1. Кириченко, М. А. Проектирование фундаментов в условиях сейсмических воздействий / М. А. Кириченко, Д. С. Волкова // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции молодых

ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 23 мая 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 240-243. – EDN UQKUCUD.

2. Волкова, Д. С. Классификация бетона по структуре, назначению, виду вяжущих, и зерновому составу заполнителя / Д. С. Волкова, Э. Э. Джафаров // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых : сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок : в 4 т., Курск, 01 декабря 2022 года. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 295-298. – EDN CTIVAK.

3. Коробов, А. М. Напряженно-деформированное состояние железобетонных элементов / А. М. Коробов, Р. А. Марков, Д. С. Волкова // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений : сборник научных трудов 4-й Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 22 ноября 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 239-243. – EDN HCGTRL.

4. Волкова, Д. С. Методы повышения степени водонепроницаемости бетона / Д. С. Волкова, Р. А. Марков, Р. М. Эседуллаев // Актуальные вопросы современной науки: теория, технология, методология и практика : Сборник научных статей по материалам X Международной научно-практической конференции, Уфа, 27 декабря 2022 года. Том Часть 4. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2022. – С. 217-221. – EDN SHQWDR.

5. Мищенко, Д. С. Контрольные измерения прочности бетона как элемент строительного контроля / Д. С. Мищенко, Н. Е. Толстых // Проблемы развития современного общества : Сборник научных статей 9-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 3-х томах, Курск, 23–24 января 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 248-251. – EDN QPGXCG.

КАЛУГЯН КАРИНА ДИКРАНОВНА, магистрант
БОРОВОЙ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ, аспирант
Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия

СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В статье рассмотрена роль строительно-технической экспертизы в обеспечении эксплуатационной надежности объектов капитального строительства. Представлены ключевые направления деятельности эксперта-строителя: определение технического состояния объекта, обследование строительных объектов после аварий и чрезвычайных ситуаций, контроль выполняемых ремонтно-строительных работ и др.

Ключевые слова: эксперт, строительно-техническая экспертиза, обследование, техническое состояние, объект капитального строительства.

В процессе жизненного цикла зданий и сооружений неизбежно возникновение различных негативных процессов, обусловленных как естественным старением конструкций, так и внешними воздействиями техногенного или природного характера [1]. Это определяет возрастающую значимость строительно-

технической экспертизы, выступающей комплексным инструментом оценки технического состояния объектов капитального строительства. Систематическое проведение обследований позволяет своевременно выявлять дефекты и повреждения, формировать научно обоснованные рекомендации по обеспечению безопасной эксплуатации и определять оптимальные стратегии проведения ремонтно-восстановительных работ [2].

Многообразие ситуаций, требующих проведения экспертных исследований, охватывает весь жизненный цикл строительных объектов [3]. Плановые контрольные мероприятия направлены на выявление дефектов на начальных стадиях, что существенно продлевает эксплуатационный ресурс зданий. При подготовке к капитальному ремонту или реконструкции обследование позволяет объективно оценить технико-экономическую целесообразность планируемых мероприятий, составить детальную дефектную ведомость и разработать оптимальные проектные решения.

Особую категорию составляют экспертные исследования после чрезвычайных ситуаций, включая аварии, пожары и стихийные бедствия [4]. В этих случаях производится оценка остаточной несущей способности конструкций, определяется категория их технического состояния, разрабатываются мероприятия по восстановлению и усилению поврежденных элементов. Не менее важны экспертные заключения при совершении сделок с недвижимостью, обеспечивающие объективную оценку рыночной стоимости объектов на основе их реального технического состояния.

Контроль качества выполненных работ после завершения реконструкции или капитального ремонта представляет собой самостоятельное направление экспертной деятельности [5]. Такие исследования позволяют верифицировать соответствие выполненных работ проектным решениям и нормативным требованиям.

Специфической разновидностью является обследование незавершенных строительством объектов и (или) законсервированных объектов, необходимое для определения объемов работ по восстановлению конструкций, поврежденных за период простоя. Вне зависимости от причин проведения, экспертиза основывается на комплексном анализе системы факторов, влияющих на техническое состояние зданий.

Совокупность факторов, определяющих эксплуатационную надежность строительных объектов, может быть разделена на две основные группы [6]. К внутренним аспектам, влияющим на состояние конструкций, относятся происходящие в материалах физико-химические процессы, величины эксплуатационных нагрузок, особенности конструктивных решений и степень качества изготовления элементов. Внешние аспекты охватывают климатические условия, параметры окружающей среды и уровень технического обслуживания. Совокупное воздействие этих факторов приводит к закономерной трансформации физико-механических характеристик строительных материалов, уменьшению несущей способности отдельных элементов и деформационным изменениям в узлах конструкций.

Критическое значение приобретает соблюдение регламентов технической эксплуатации, предусматривающих регулярные профилактические осмотры и своевременное проведение текущих ремонтов. Пренебрежение этими требованиями приводит к прогрессированию изначально даже незначительных дефектов, нарушению санитарно-гигиенических параметров и созданию потенциально опасных ситуаций.

Современный этап развития строительно-технической экспертизы характеризуется активным внедрением информационных технологий, однако этот процесс сталкивается с определенными сложностями. Например, отсутствие систематизированных баз актуальной информации существенно снижает оперативность и качество выполнения строительно-технических исследований. Большие объемы данных часто существуют в неструктурированном виде, затрудняя их практическое использование. Оптимизация информационного обеспечения экспертной деятельности требует разработки специализированных систем, обеспечивающих эффективный доступ к необходимым сведениям [7].

Значительный потенциал модернизации экспертной деятельности связан с разработкой интегрированных информационных комплексов, объединяющих функциональные модули для структурирования данных, аналитические платформы и адаптивные пользовательские решения [8]. Внедрение подобных системных мер создает предпосылки для качественного роста производительности экспертов, повышения достоверности выводов и рационализации временных ресурсов при выполнении исследовательских процедур. Внедрение цифровых решений должно учитывать как технические аспекты, так и человеческий фактор, обеспечивая постепенную адаптацию новых технологий в практику экспертной деятельности.

Таким образом, строительно-техническая экспертиза представляет собой многофункциональный инструмент управления эксплуатационной надежностью строительных объектов. Систематическое проведение обследований позволяет не только обеспечивать безопасность эксплуатации, но и оптимизировать экономические затраты на содержание недвижимости. Комплексный подход к организации экспертных исследований, сочетающий традиционные методики оценки с современными информационными технологиями, создает основу для перспективного развития практики технической диагностики в строительной отрасли.

Список литературы

1. Томашук Е.А., Кацаран О.А., Хоренков С.В. Организационные аспекты строительно-технических исследований // Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций: сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 284-286.
2. Попов Е.Г., Бунеску С.С. Организационно-технологические аспекты обследования объектов капитального строительства // Будущее науки: взгляд молодых ученых на инновационное развитие общества: сборник научных статей 3-й Всероссийской молодежной научной конференции. – Курск: Университетская книга, 2025. – С. 78-80.
3. Петров К.С., Фирсов В.И., Чернявский И.А., Попов Е.Г. Системный подход к управлению жизненным циклом строительного объекта на основе зарубежного опыта // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2024. – № 5 (1077). – С. 15-16.

4. Шеина С.Г., Новоселова И.В., Чернявский И.А. Организационно-технологические решения при обследовании зданий, пострадавших в результате чрезвычайных ситуаций, с использованием современных технологий // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 11 (107). – С. 625-638.
5. Зильберова И.Ю., Петров К.С., Рублевский В.А., Зоалкфл Д.А., Карпович А.С. Проблемы строительно-технической экспертизы при определении объемов и стоимости фактически качественно выпиленных работ // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 10 (82). – С. 356-363.
6. Петров К.С., Бабихин А.С., Батальщиков К.В., Малый А.А., Щитов В.А. Организационные и методические аспекты обследования ограждающих конструкций зданий // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 10 (94). – С. 13-19.
7. Новоселова И.В., Морозов В.Е., Еськов В.С. Оптимизация информационного обеспечения деятельности судебных строительных экспертов // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4 (51). – С. 208.
8. Асеев Д.О., Долгова И.Г., Калугян К.Д. Современные направления по повышению качества проведения строительно-технической экспертизы // Юность и Знания – Гарантия Успеха – 2024: сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции: в 3 т. – Курск: Университетская книга, 2024. – С. 46-49.

КАРАСЕВ ВЛАДИСЛАВ ВАЛЕРЬЕВИЧ, магистрант

ОВЕЗОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ, магистрант

ЧУМАК МАКСИМ ВИКТОРОВИЧ, старший преподаватель

e-mail: r-a-k-1987@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
г. Краснодар, Россия

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АРМОГРУНТОВЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТРАНСПОРТНЫХ НАГРУЗОК

В статье поднимается вопрос исследования целесообразности использования подпорных стен из армогрунтовых конструкций для повышения устойчивости высоких крутых грунтовых откосов, сложенных дисперсными грунтами, при воздействии интенсивных транспортных нагрузок.

Ключевые слова: подпорная стена, армогрунтовые конструкции, габионы коробчатого типа, габионы матрацно-тюфячного типа, стальная сеть.

Строительство автомобильных дорог и мероприятий инженерной защиты, включая подпорные сооружения является сложным техническим и технологическим процессом [1]. При проектировании мероприятий инженерной защиты решаются различные геотехнические задачи [2], в том числе, связанные с изучением геологических и гидрогеологических особенностей участка строительства. В процессе анализа выполненных инженерных изысканий уточняются физико-механические характеристики грунтов, данные параметры оказывают особое влияние на конструктивные параметры инженерных сооружений. То есть,

инженерно-геологические условия являются неотъемлемым и важным фактором при назначении типа и конструктивных параметров сооружений [3], в частности, для транспортных объектов и сооружений [4].

Таким образом, при строительстве автомобильных дорог актуальной задачей является обеспечение ее необходимыми сооружениями инженерной защиты с целью надежной эксплуатации, безопасности транспортного движения.

Как правило, в сложных геологических условиях применяются свайные и свайно-анкерные подпорные сооружения, однако их возведение является дорогостоящим. По разным подсчетам стоимость одного погонного метра составляет от 900 тыс. руб. до 2 500 тыс. руб.

Отсюда в рамках выполнения настоящих исследований планируется разработать подпорное сооружение на основе из армогрунтовых конструкций с целью подтверждения возможности ее применения в сложных инженерно-геологических условиях, обоснованных возникновением оползневых процессов от транспортных нагрузок.

Цель исследования заключается в разработке эффективной конструкции подпорного сооружения на основе из армогрунтов в сложных инженерно-геологических условиях, выраженных возможностью образования оползневых процессов при техногенном воздействии, включая нагрузки от автомобильного транспорта.

Актуальность исследования заключается в эффективной замене свайных и свайно-анкерных конструкций на разработанное подпорное сооружение из армогрунтовых конструкций.

Основными задачами исследования являются:

- анализ практики применяемых типов армогрунтовых сооружений с целью определения наиболее оптимальных конструктивных элементов для разработки конструкции подпорного сооружения, способного воспринимать значительные нагружения от грунтового массива;
- анализ инженерно-геологических условий и физико-механических свойств грунтов с целью определения необходимых исходных параметров для разработки конструкции подпорного сооружения и оценки ее эффективности;
- разработка конструкции подпорного сооружения на основе из армогрунтов;
- оценка эффективности разработанной конструкции подпорного сооружения в рамках расчетов устойчивости различными методами, включая метод конечных элементов.

Научная новизна публикации заключается в разработке подпорного сооружения на основе из армогрунтов, способных воспринимать значительные нагружения, включая оползневое давление, нагрузки от транспортных средств, сейсмические нагрузки [5].

Практическая значимость исследований, представленных в настоящей публикации, заключается в поиске эффективных и надежных технических решений подпорных стен на основе из армогрунтов взамен дорогостоящим свайным и свайно-анкерным сооружениям для удержания высоких крутых откосов авто-

мобильных дорог при влиянии опасных склоновых процессов, а также воздействии интенсивных транспортных нагрузок.

Личный вклад автора публикации состоит:

- в разработке комбинированной многоярусной конструкции подпорной стены на основе из армогрунтов, включающей применение габионов коробчатого и матрацно-тюфячного типа, стальных тросов, железобетонных якорей, а также облегченной обратной засыпки из пеностеклянного щебня;
- в оценке устойчивости и надежности применения разработанной конструкции подпорного сооружения в рамках численных математических исследований с помощью современных расчетных программных комплексов с учетом фактических инженерно-геологических условий.

Список литературы

1. Рябухин, А. К. Современные технические решения оснований автомобильных дорог / А. К. Рябухин, А. Ю. Маршалка, М. В. Чумак // Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии : Материалы ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2022 г., Краснодар, 12 мая 2023 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023. – С. 178-180. – EDN HUCTMX.
2. Bezuglova, E. Landslide risk management at transport facilities / E. Bezuglova, S. Matsiy, V. Podtelkov // Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice : 12th, Napoli, 12–19 июня 2016 года. – Napoli, 2016. – P. 405-409. – DOI 10.1201/b21520-40. – EDN XFNQCL.
3. Рябухин, А. К. Совместная работа свай и анкерных свай в составе конструкции противооползневых сооружений на автомобильных дорогах (Краснодарский край) : специальность 05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Рябухин Александр Константинович. – Волгоград, 2013. – 23 с. – EDN ZOXCZF.
4. Любарский, Н. Н. Полуколичественная оценка оползневых рисков на автомобильных дорогах Краснодарского края / Н. Н. Любарский, С. И. Маций, Е. В. Безуглова // ГеоРиск. – 2013. – № 1. – С. 60-64.
5. Актуализация определения сейсмичности землетрясений / А. К. Рябухин, А. Ю. Маршалка, М. В. Чумак, В. Лобанов // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 26 мая 2023 года / Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова. Том 2. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 75-77. – EDN CIGDBC.

КОПКОВА АННА СЕРГЕЕВНА, студент

Научный руководитель –

ВОЛКОВА ДАРЬЯ СЕРГЕЕВНА,

Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

(e-mail: kopkovaanya@yandex.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНОВИДНОСТИ ПЛИТ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ МЕЖЭТАЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

В статье исследуются разновидности плит из железобетона, применяемые для межэтажных покрытий, а также изучаются типы полостей внутри них. Рассматриваются нормы потребления бетонной смеси и стального каркаса для конкретных типов железобетонных изделий. Помимо прочего, поднимаются проблемы подбора наиболее удачных решений относительно применяемых плит для объектов промышленного и гражданского назначения, учитывая особенности конструкции, эксплуатационные характеристики и финансовую эффективность.

Ключевые слова: изделия из железобетона, полости, потребление раствора, рациональность затрат, покрытия с несущими элементами, покрытия без несущих элементов, разделение плоскостных покрытий.

Изделия из железобетона широко распространены среди строительных конструкций, используемых при возведении сооружений промышленного и общественного характера. Это обусловлено устойчивостью материала к внешним воздействиям, низкой стоимостью производства, прочностью, способностью противостоять огню и долговечностью. Исходя из особенностей устройства, изделия из железобетона подразделяются на две главные категории:

1. Покрытия с несущими конструкциями – системы, где несущие элементы функционируют вместе с опирающимися на них плитами.
2. Безнесущие покрытия – конструкции, в которых плиты располагаются прямо на столбах.

Обе группы могут быть представлены в трех вариантах исполнения: сборная конструкция, монолитная технология и комбинированная система. Различия в устройстве сборных и монолитных покрытий приводят к необходимости дополнительной классификации изделий исходя из конструктивных характеристик:

- Сборные изделия с применением несущего профиля
- Монолитные ребристые конструкции с использованием профилированных плит
- Монолитные ребристые изделия с плитами плоского типа
- Сборно-монолитные изделия с наличием несущей части
- Изделия без несущих компонентов сборной технологии
- Плиты без несущих элементов монолитного способа [1]

Безнесущие изделия сборно-монолитного типа конструктивные детали покрытий, включенные в состав перечисленных групп, варьируют по отношению сторон опорного контура, определяющего вид изделия. Если соотношение сторон более 2, изделие считается оснащённым несущим профилем и функционирует преимущественно в короткой плоскости. Здесь основная нагрузка воспринимается армированными прутьями, размещёнными вдоль короткого участка. Когда отношение сторон ниже 2, плита распределяет нагрузки равномерно по всему периметру. В таком изделии расчётные усилия деформации появляются одновременно в обеих плоскостях, следовательно, армирование выполняется параллельно направлению приложенных усилий. Выбор конкретной конфигурации покрытия осуществляется индивидуально, основываясь на экономических аспектах и назначении сооружения, величине воспринимаемых нагрузок, природно-климатических условиях. [2]

Проектирование конструктивной схемы включает определение ориентации несущих элементов, интервалов между ними, габаритов зон, типа и размера покрываемых площадей. Дополнительно учитываются факторы временной нагрузки, целевого назначения постройки, решения по планировке и дизайну интерьера. Технические и экономические критерии оценки эффективности конструкций покрытий. Потребление бетона и металлических деталей должно быть минимизировано, при этом размеры и вес отдельных элементов следует подбирать таким образом, чтобы обеспечить максимальную совместимость с грузоподъёмностью используемого кранового оборудования и транспортировкой. При разработке проекта предлагается рассмотреть несколько возможных конфигураций структурных схем, после чего выбрать оптимальный вариант. Суммарное потребление бетонной смеси и стальной продукции при монтаже конструкции включает использование соответствующих материалов на изготовление плит, несущих балок и опорных столбов. [3]

Большая доля расходов приходится на производство плит – примерно 65%. Таким образом, снижение стоимости здесь становится первостепенной задачей. Изделия для перекрытий фиксируются на ригелях, и с целью сокращения потребляемых ресурсов разрабатываются облегчённые варианты – пустотелые или рифлёные конструкции.

Форма поперечного разреза пустотелых плит бывает разнообразна: овальные отверстия, круглые отверстия и вертикальные пустоты. Рифлёные плиты выпускаются трёх видов: с выступающими ребрами сверху, снизу и цельные.

Основной метод проектирования любого типа плит сводится к максимальному сокращению объёма бетона при сохранении прочности благодаря наличию вертикальных перегородок. Важно отметить, что отдельные виды плит производятся исключительно на специализированном оборудовании заводов. [4]

Размеры плит шириной 3,2 метра при длине пролёта 6 метров позволяют закрыть всю площадь жилого помещения; масса таких изделий варьируется от 5 до 6 тонн. Пустотелые и цельные плиты применяются для обустройства потолков в домах и общественных учреждениях, тогда как конструкции с открытыми ребрами чаще используют в промышленности. Наиболее выгодным вариантом

с точки зрения экономии бетонного состава являются плиты с овальной формой отверстий. [5] Тем не менее, при производстве панелей с такими отверстиями возникают технологические осложнения, поскольку стенки сформированных каналов свежего изделия склонны к разрушению после удаления формующих устройств. Именно поэтому серийно выпускают плиты с круглой формой отверстий. Вместе с тем необходимо учесть аспект звукозащиты. Для предварительных расчётов покрытий применяется бетон классов В15, В20, В25.

Список литературы

1. СП 63.13330.2018 - Бетонные и железобетонные конструкции
2. Мищенко, Д. С. Энергоэффективные строительные конструкции и системы / Д. С. Мищенко // Технологии, машины и оборудование для проектирования, строительства объектов АПК : сборник научных статей Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 15 марта 2023 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И.Иванова, 2023. – С. 253-257. – EDN BXTHKH.
3. Мищенко, Д. С. Надстройка этажей при реконструкции зданий / Д. С. Мищенко // Технологии, машины и оборудование для проектирования, строительства объектов АПК : сборник научных статей Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 15 марта 2023 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И.Иванова, 2023. – С. 257-259. – EDN RGBWSR.
4. Мищенко, Д. С. Контрольные измерения прочности бетона как элемент строительного контроля / Д. С. Мищенко, Н. Е. Толстых // Проблемы развития современного общества : Сборник научных статей 9-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 3-х томах, Курск, 23–24 января 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 248-251. – EDN QPGXCG.
5. Мищенко, Д. С. Технология 3D-печати в строительстве / Д. С. Мищенко, Р. С. Глушенко, Н. Е. Толстых // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых : Сборник научных статей 5-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок. В 4-х томах, Курск, 29 ноября 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 335-337. – EDN EQSJQU.

КРАСОВСКАЯ ВАЛЕРИЯ ВЯЧЕСЛАВОВНА, магистрант

БЕЛИКОВ МАКСИМ ИГОРЕВИЧ, магистрант

БОЛГОВ ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ, ст. преподаватель

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия

e-mail: dasha_leyer@mail.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К МОНИТОРИНГУ СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ

В данной статье рассмотрены различные методы мониторинга многоэтажных и высотных зданий в сложных грунтовых условиях.

Ключевые слова: мониторинг, строительные конструкции, сложные грунтовые условия.

Мониторинг состояния многоэтажных и высотных зданий в сложных грунтовых условиях является сложной инженерной задачей, требующей всестороннего подхода, он важен для отслеживания обеспечения безопасности и долговечности строительных конструкций [1, 2]. Сложные грунтовые условия представляют собой неустойчивые, подвижные или водонасыщенные слои грунта, сейсмическую активность, что может создавать определенные риски при эксплуатации здания.

Рассмотрим основные методы мониторинга таких зданий.

1. Геодезические методы

Такие методы мониторинга включают в себя измерения вертикальных и горизонтальных смещений, углов наклона и деформаций с помощью специального оборудования [3, 4]. Основной задачей этого метода является преждевременное выявление возможных отклонений от проектных значений. Это позволяет своевременно предпринимать меры для предотвращения повреждений конструкций.

2. Инструментальные методы

Мониторинг с использованием специализированных датчиков и приборов, таких как:

- Датчики наклона. Устанавливаются на важных конструктивных элементах зданий и позволяют контролировать их угловые смещения;
- Датчики деформации. Используются для контроля измерений в длине и форме конструктивных элементов, выявляют натяжение и сжатие, возникающее из-за изменения состояния грунта;
- Гидростатические и противоньекционные системы [5, 6]. Используются для мониторинга уровня подземных вод на строительной площадке и для предотвращения влияния подземных вод на строительные конструкции;
- Сейсмометры. Регистрируют колебания, вызванные динамическими нагрузками;
- GPS и GNSS-технологии. Эффективно используются в условиях плотной городской застройки, высокоточно определяют положение здания.

3. Гидрографические методы

Данный метод основывается на изучении подземных вод и других водных ресурсов, их колебаний, влияющих на состояние здания, базируется на измерении уровня и качества подземных вод, оценке гидрогеологических условий и анализе дренажных систем [8, 9]. Измерения проводятся с помощью следующих приборов:

- Пьезометры. Оборудование для измерения уровня грунтовых вод.
- Ливнемеры. Используется для анализа осадков и дождевой воды, позволяет оценить влияние климатических условий на уровень грунтовых вод.

4. Геофизические методы

Основой этого метода является изучение физико-механических свойств грунтов и подземных вод, определение характеристик несущих слоев грунта и их взаимодействие со строительными конструкциями зданий [10].

Данный способ включает в себя:

- Сейсмическое обследование. Использование колебаний, вызванных естественным или искусственным источником, определение скорости распространения волн в различных слоях грунта для оценки их несущей способности и взаимосвязи со зданиями.

- Электромагнитное обследование. С помощью электродов, размещаемых на поверхности, определяется содержание солей, влаги и других характеристик для выявления зон с повышенной влажностью и оценки их влияния на конструкции.

- Георадарное зондирование. Используется для обнаружения подземных аномалий и анализа структуры грунта.

5. Комплексный подход

Включает в себя интеграцию различных методов и технологий для более полной оценки состояния строительных конструкций зданий и их взаимодействия с окружающей средой. Является наиболее эффективным методом, так как позволяет получить данные как конструкций, так и грунтовых условий.

С учетом современных технологических тенденций, таких как искусственный интеллект и машинное обучение, можно ожидать значительного улучшения возможностей комплексного мониторинга. Эти технологии позволят автоматизировать процессы анализа данных и предсказывать потенциальные проблемы на основе исторических данных.

Мониторинг многоэтажных и высотных зданий в сложных грунтовых условиях – это сложный и многогранный процесс, требующий использования разнообразных методов. Правильный выбор и комбинирование методов мониторинга позволяют обеспечить безопасность и долговечность зданий, даже в самых неблагоприятных условиях.

Список литературы

1. Патент РФ на изобретение № 2320820. Фундамент / К. Ш. Шадунц, М. Б. Мариничев, В. А. Демченко // Изобретения. Полезные модели. – 2008. – № 9.
2. Мариничев М. Б. и др. Эффективные фундаментные конструкции в сложных грунтовых условиях / М. Б. Мариничев, К. Ш. Шадунц, А. Ю. Маршалка // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 2. – С. 34–36.

3. Ляшенко, П. А. и др. Обобщенные характеристики в глинистых грунтах буронабивных свай / П. А. Ляшенко, В. В. Денисенко, М. Б. Мариничев // Строительство: новые технологии – новое оборудование, № 5, 2019. – С. 24–30.

4. Мариничев, М. Б. Опыт реализации нестандартных методов проектирования и строительства фундаментов высотных зданий в сейсмических районах / М. Б. Мариничев // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2017. – № 125. – С. 623–657.

5. Патент РФ на изобретение №2303106. Способ возведения плитного фундамента повышенной жесткости / Шадунц К.Ш., Мариничев М.Б., Демченко В.А. // Бюл. изобр., 2007. – № 20.

6. Сердюченко, В. М. Использование нанотехнологий в строительстве / В. М. Сердюченко, А. А. Руденко, А. Н. Городничая // VII Международный студенческий строительный форум - 2022 : Сборник докладов VII Международного студенческого строительного форума, Белгород, 24 ноября 2022 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 282-287. – EDN IDGOCI.

7. Причины активизации оползня на федеральной автомобильной дороге г. Сочи и мероприятия по его стабилизации / А. Н. Богомолов, С. И. Маций, С. Ю. Калашников [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. – № 29(48). – С. 6-14. – EDN RBUZHJ.

8. Стабилизация оползня на участке строительства железной дороги в г. Сочи / А. Н. Богомолов, С. И. Маций, Б. С. Бабаханов [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. – № 29(48). – С. 15-25. – EDN RBUZHT.

9. Маций, С. И. Защитные свайные сооружения опор эстакад, "обтекаемые" грунтом оползней / С. И. Маций, Д. В. Лейер, А. К. Рябухин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 4. – С. 15-24. – DOI 10.15593/2224-9826/2017.4.02. – EDN YLDAPD.

10. Особенности моделирования габионных подпорных стен при инженерной защите автомобильных дорог на оползневых склонах / А. К. Рябухин, Д. В. Лейер, Ш. Р. Тетер, М. С. Карпова // Транспортные сооружения. – 2019. – Т. 6, № 4. – С. 1. – DOI 10.15862/01SATS419. – EDN YLVKZH.

КУШНЕРОВ НИКОЛАЙ ЮРЬЕВИЧ, студент
Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия
(e-mail: milord_d@vk.com)

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

Искусственный интеллект (ИИ) находит все большее применение в различных отраслях, и градостроительство не стало исключением. Внедрение ИИ в процессы проектирования, планирования и управления городами открывает новые горизонты для оптимизации и повышения эффективности. Рассмотрим в данной статье ключевые особенности использования искусственного интеллекта в градостроительстве.

Ключевые слова: строительство, искусственный интеллект, здания и сооружения.

Современный город — это самый сложный организм, живая система, находящаяся в постоянном движении и развитии. Традиционные методы градостроительного планирования, основанные на статичных генпланах и экспертных оценках, зачастую не успевают за динамикой urban-процессов. Они не могут в полной мере учесть всю сложность взаимосвязей между инфраструктурой, транспортом, населением и экологией. На этом фоне искусственный интеллект (ИИ) возникает как ключевой инструмент для перехода от «умных городов» (smart cities) к по-настоящему «живым» и адаптивным системам, способным к самооптимизации и прогнозированию. Особенность применения ИИ в градостроительстве заключается не в замене человека, а в усилении его аналитических способностей для работы с большими данными, позволяя принимать более обоснованные, дальновидные и устойчивые решения.

ИИ как инструмент работы с большими данными в городской аналитике

Основная особенность и сила ИИ в градостроительстве — способность обрабатывать и находить сложные, неочевидные паттерны в колоссальных массивах разнородных данных, которые генерирует современный город. Источниками данных служат:

Датчики IoT: показания с счетчиков, датчиков освещенности, качества воздуха, шума, трафика.[2]

Мобильные устройства: анонимизированные данные о перемещении людей.

Социальные сети: геотэгируемые посты и упоминания мест.

Спутниковые снимки и данные аэрофотосъемки.

Данные государственных реестров: кадастр, ЗАГС, миграционные службы.

ИИ (в частности, алгоритмы машинного обучения) анализирует эти данные, отвечая на ключевые для градостроителя вопросы: «Как город живет на самом деле?», а не «Как мы предполагали, что он будет жить?». Это позволяет перейти от интуитивного планирования к доказательному.

Ключевые направления применения ИИ в градостроительстве

Транспортное планирование и оптимизация логистики

Прогнозирование потоков и «умное» светофорное регулирование: алгоритмы в реальном времени анализируют трафик с камер и датчиков, прогнозируют заторы и адаптивно перестраивают работу светофоров для их предотвращения, а не реагирования.

Оптимизация маршрутов общественного транспорта: ИИ анализирует пассажиропоток, предлагая изменения расписания, маршрутов и частоты движения транспорта в зависимости от времени суток, дня недели и даже проводимых мероприятий.[3]

Планирование зарядной инфраструктуры: для городов будущего ИИ помогает спрогнозировать спрос на электромобили и рассчитать оптимальное расположение и мощность зарядных станций.

Проектирование городской среды и функциональное зонирование

Генерация и оптимизация мастер-планов: нейросети могут генерировать тысячи вариантов планировочных решений для новой территории, учитывая десятки ограничений: инсоляцию, розу ветров, шумовое загрязнение, социальную инфраструктуру, стоимость подключения к сетям. Архитектор-градостроитель выбирает и дорабатывает лучшие из предложенных алгоритмом вариантов.

Анализ восприятия среды: алгоритмы анализируют фотографии улиц и общественных пространств, оценивая их по параметрам «безопасность», «комфорт», «эстетика». Это помогает количественно оценить, почему одна площадь привлекает людей, а другая — нет, и дать рекомендации по благоустройству.

Прогнозирование количества: ИИ может спрогнозировать риски резкого удорожания недвижимости и вытеснения местных жителей в результате реновации, позволяя городским властям заблаговременно разработать смягчающие меры.

Управление энергоресурсами и экологический мониторинг

«Умные» энергосети: ИИ балансирует нагрузку на энергосеть, прогнозирует пиковые потребления и интегрирует возобновляемые источники энергии, минимизируя потери.

Прогнозирование качества воздуха: модели на основе ИИ обрабатывают данные о погоде, трафике, промышленных выбросах и точно предсказывают уровень загрязнения, позволяя принимать оперативные меры (например, временное ограничение движения).[4]

Управление жилищным фондом и инфраструктурой

Предиктивный анализ износа: алгоритмы анализируют данные о возрасте зданий, материалах, проведенных ремонтах и внешних условиях, прогнозируют вероятность аварий и определяя приоритетность капитального ремонта. Это переход от реагирования на ЧП к упреждающему обслуживанию.

Оптимизация работы коммунальных служб: ИИ может прогнозировать нагрузку на системы водоснабжения и канализации, предсказывать риски прорывов труб и оптимально планировать маршруты и графики работы спецтехники (например, зимой — уборочной).

3. Вызовы и этические особенности внедрения ИИ

Несмотря на потенциал, использование ИИ в градостроительстве сопряжено с рядом серьезных особенностей и вызовов:

Качество данных: алгоритм работает по принципу «garbage in — garbage out». Неполные или некачественные данные приведут к ошибочным и потенциально опасным рекомендациям.

«Черный ящик»: сложные нейросетевые модели не всегда могут понятно объяснить, почему было принято то или иное решение. В сфере, затрагивающей жизни миллионов, требование к прозрачности и обоснованности решений крайне высоко.

Конфиденциальность: использование больших данных, особенно о перемещении людей, вызывает серьезную озабоченность о тотальной слежке и защите персональных данных.

Смещение алгоритмов: если ИИ обучать на исторических данных, он может унаследовать и закрепить существующие городские проблемы и социальное неравенство (например, предлагая инвестировать только в «благополучные» районы).

Необходимость междисциплинарного подхода: эффективная работа требует тесного сотрудничества не только градостроителей и IT-специалистов, но также социологов, экологов, экономистов и юристов.[1]

Искусственный интеллект — это не просто модный тренд, а парадигмальный сдвиг в философии градостроительства. Его ключевая особенность — способность превращать разрозненные данные о жизни города в целостную, динамическую и прогнозную модель. Это позволяет перейти от реактивного управления к проактивному и предиктивному, проектируя города, которые не просто «умны», но и справедливы, устойчивы и адаптивны.

Роль градостроителя при этом трансформируется. Из творца, работающего значительно интуитивно, он становится «пилотом» сложнейшей системы, который ставит цели и ограничения для ИИ, интерпретирует его выводы и принимает финальные, ответственные решения на стыке технологии, урбанистики и гуманитарных ценностей. Будущее градостроительства — за симбиозом человеческого интеллекта и искусственного, где первый задает вектор развития, а второй предоставляет для этого беспрецедентный аналитический инструментарий.

Список литературы

1. Скуркан, Е. BIM и TIM проектирование в РФ / Е. Скуркан, Д. А. Бредихин // Технологии, машины и оборудование для проектирования, строительства объектов АПК : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 14 марта 2024 года. — Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. — С. 294-296. — EDN ARANON.

2. Кушнерев, Н. Ю. Современные автоматизированные строительные комплексы. Достоинства и недостатки / Н. Ю. Кушнерев // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 23 мая 2024 года. — Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. — С. 272-275. — EDN KLEXYB.

3. Кушнерев, Н. Ю. САПР- основа современного строительства / Н. Ю. Кушнерев // Будущее науки - 2024 : сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 18–19 апреля 2024 года. — Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. — С. 272-274. — EDN QXTFVW.

4. Чайковская, Л. В. К вопросу внедрения еврокодов в Российской Федерации / Л. В. Чайковская, И. С. Брагина, Е. И. Четверикова // БСТ: Бюллетень строительной техники. — 2024. — № 9(1081). — С. 16-19. — EDN LQKNKF.

КУШНЕРЕВ НИКОЛАЙ ЮРЬЕВИЧ, студент

Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия
(e-mail: milord_d@vk.com)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОПОЛИМЕРНЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Строительная отрасль является одним из крупнейших источников углеродных выбросов, что делает необходимость поиска устойчивых альтернативных материалов особенно актуальной. Геополимерные бетоны представляют собой перспективный вариант, способный существенно снизить углеродный след. В статье рассматривается, как геополимерные бетоны могут способствовать устойчивому развитию строительной отрасли.

Ключевые слова: строительство, геополимерный бетон, здания и сооружения.

Строительная отрасль по праву считается одним из крупнейших источников антропогенных выбросов углекислого газа в атмосферу. Значительная доля этих выбросов, достигающая по некоторым оценкам восьми процентов общемирового объема, приходится на производство портландцемента — основного компонента традиционного бетона. Бетон является вторым по потреблению материалом на планете после воды, что лишь усугубляет масштаб проблемы. В условиях глобальной климатической повестки и целей Парижского соглашения поиск альтернативных, экологических материалов становится не просто актуальным, а критически важным для устойчивого будущего. Одним из наиболее перспективных и технологически обоснованных решений этой проблемы является геополимерный бетон. Данная статья всесторонне оценивает его эффективность как ключевого инструмента для радикального снижения углеродного следа строительной отрасли.

Производство одной тонны портландцемента сопровождается выбросом примерно одной тонны углекислого газа. Эти выбросы формируются из двух основных, примерно равнозначных по вкладу, источников. Первый — это энергетические выбросы, связанные со сжиганием большого количества ископаемого топлива, чаще всего угля, необходимого для нагрева вращающейся печи до температуры в 1450 градусов Цельсия. Второй, еще более значительный и

принципиально неустранимый при нынешней технологии источник — технологические выбросы. Они являются прямым результатом химической реакции декарбонизации, когда известняк при нагревании распадается на оксид кальция и углекислый газ. Таким образом, проблема имеет не только энергетический, но и фундаментально технологический характер, что требует пересмотра самой химической основы производства вяжущих веществ.

Геополимерный бетон предлагает такой принципиально иной подход. Его основой служит не цемент, а так называемое геополимерное вяжущее. Это вещество образуется в результате реакции полимеризации между материалами, содержащими алюмосиликаты, и щелочным активатором. В качестве источников алюмосиликатов используются побочные продукты промышленности, что составляет главное экологическое преимущество технологии. Это зола-унос, образующаяся при сжигании угля на тепловых электростанциях, и гранулированный шлак, являющийся отходом металлургического производства. Применение этих материалов не только кардинально снижает потребность в добыче первичного сырья, но и эффективно решает острую проблему утилизации и складирования промышленных отходов, переводя их из разряда проблем в категорию ценного ресурса.

Технологический процесс производства геополимерного вяжущего принципиально отличается и происходит при значительно более низких температурах, редко превышающих восемьдесят градусов Цельсия, по сравнению с экстремальным обжигом цементного клинкера. Это приводит к многократной экономии энергии и, как следствие, к резкому сокращению связанных с энергопотреблением выбросов.

Важно подчеркнуть, что экологическая эффективность геополимерного бетона подкрепляется его превосходными техническими и эксплуатационными характеристиками, что выгодно отличает его от многих других «зеленых» решений. Материал демонстрирует высокую раннюю прочность, часто превосходящую показатели традиционного бетона в первые часы и сутки после твердения. Это свойство позволяет значительно ускорить темпы строительства, сократить время выдержки конструкций в опалубке и быстрее вводить объекты в эксплуатацию, что также дает косвенную экономию ресурсов.

Ключевым преимуществом является исключительная стойкость геополимерного бетона к воздействию агрессивных сред. Он проявляет выдающуюся устойчивость к химической коррозии, вызываемой морской водой, кислотами, сульфатами и другими реагентами, которые быстро разрушают обычный цементный бетон. Это свойство кардинально повышает долговечность конструкций, работающих в сложных условиях, таких как портовые сооружения, фундаменты промышленных зданий, дорожные покрытия, обрабатываемые противогололедными реагентами, и канализационные коллекторы. Увеличение срока службы конструкции со ста до ста пятидесяти лет и более само по себе является мощным вкладом в устойчивое развитие, так как сокращает частоту ремонтов и необходимость в новом строительстве.[2,3]

Несмотря на очевидные преимущества, существуют и серьезные барьеры для массового внедрения геополимерных бетонов. В настоящее время его стоимость, как правило, выше, чем у традиционного бетона. Это преимущественно связано с ценой на щелочные активаторы, производство которых само является достаточно энергоемким процессом. Однако при оценке экономической эффективности критически важно учитывать не только прямые затраты на материалы, но и общую стоимость владения в течение всего жизненного цикла строительного объекта. Более высокая начальная цена может быть многократно компенсирована значительным снижением затрат на ремонт, техническое обслуживание и замену конструкций в будущем. Кроме того, по мере развития технологии и роста объемов производства компонентов их стоимость будет закономерно снижаться.[4]

Перспективы развития геополимерных бетонов, однако, выглядят весьма обнадеживающе. Уже сегодня их применяют в реальных проектах по всему миру, в основном в нишевых областях, где их преимущества наиболее очевидны. Это строительство дорог и взлетно-посадочных полос, где важна стойкость к истиранию и химикатам; сооружение канализационных коллекторов и очистных сооружений, подверженных кислотной коррозии; производство шпал и огнезащитных перекрытий. Накопленный положительный опыт служит лучшим доказательством надежности технологии.[5]

Дальнейшие научные и прикладные исследования направлены на оптимизацию составов, поиск способы снижения доли дорогостоящих щелочных активаторов за счет использования альтернативных компонентов, и на поиск новых источников алюмосиликатного сырья среди разнообразных промышленных отходов. Большую роль может сыграть государственная поддержка через систему зеленых закупок, налоговых льгот и дотаций для проектов, демонстрирующих низкий углеродный след. [1]

В заключение можно уверенно утверждать, что геополимерный бетон представляет собой не просто любопытную альтернативу, а высокоэффективный и технологически зрелый инструмент для глубокой декарбонизации строительной отрасли. Его применение позволяет не только радикально, на десятки процентов, сократить прямые выбросы углекислого газа от производства строительных материалов, но и решить острую проблему утилизации промышленных отходов, замкнув технологический цикл. При этом создаются конструкции с повышенными показателями прочности, долговечности и стойкости к внешним воздействиям. Преодоление текущих экономических и нормативных барьеров является сложной, но абсолютно решаемой задачей. Геополимерный бетон — это не будущее, это настоящее строительной индустрии, и его широкое внедрение является необходимым шагом на пути к переходу отрасли на принципы истинно устойчивого развития и экономики замкнутого цикла.

Список литературы

1. Кушнерев, Н. Ю. Современные автоматизированные строительные комплексы. Достоинства и недостатки / Н. Ю. Кушнерев // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции

молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 23 мая 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 272-275. – EDN KLEXYB.

2. Кушнерев, Н. Ю. Тенденции развития ресурсосбережения в строительстве на территории РФ / Н. Ю. Кушнерев // Молодежь и XXI век - 2025 : сборник научных статей 14-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 20–21 февраля 2025 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 199-201. – EDN VPROPR.

3. Чайковская, Л. В. К вопросу внедрения еврокодов в Российской Федерации / Л. В. Чайковская, И. С. Брагина, Е. И. Четверикова // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2024. – № 9(1081). – С. 16-19. – EDN LQKNKF.

4. Кушнерев, Н. Ю. тенденции развития программного обеспечения в условиях санкций / Н. Ю. Кушнерев // Будущее науки - 2024 : сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 18–19 апреля 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 275-277. – EDN YEMGKK.

5. Чайковская, Л. В. Основы управления качеством строительного процесса / Л. В. Чайковская, А. М. Коробов // Строительство и реконструкция : Сборник научных статей 4-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 27 мая 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 327-330. – EDN AVPJML.

КУШНЕРЕВ НИКОЛАЙ ЮРЬЕВИЧ, студент

Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия
(e-mail: milord_d@vk.com)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОВЕРИЯ К ПРОГНОЗНЫМ МОДЕЛЯМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКОВ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

В последние годы машинное обучение (МО) становится все более популярным инструментом для оценки рисков на строительных площадках. Однако, несмотря на его эффективность, одним из ключевых вопросов остается доверие к прогнозным моделям. В статье рассматриваются методы и подходы, которые могут помочь обеспечить доверие к моделям машинного обучения в контексте оценки рисков.

Ключевые слова: строительство, искусственный интеллект, здания и сооружения.

Современные строительные площадки представляют собой сложные динамические системы, где безопасность и эффективность работ зависят от множества факторов. Прогнозные модели машинного обучения предлагают новые возможности для предсказания и предотвращения рисков, однако их внедрение сталкивается с проблемой доверия со стороны специалистов. Обеспечение надежности и прозрачности этих моделей становится критически важным для их успешного применения в реальных условиях. Особую актуальность эта задача приобретает в свете возрастающей сложности строительных проектов и уже сегодня требований к промышленной безопасности.

Доверие к прогнозным моделям машинного обучения в контексте оценки рисков на строительной площадке формируется через несколько ключевых аспектов. Первым и фундаментальным условием является качество данных, используемых для обучения моделей. Строительные площадки генерируют разнородную информацию, включая данные с датчиков, видеонаблюдение, отчеты по безопасности и погодные условия. Важно обеспечить представительность, полноту и актуальность этих данных, а также устранить систематические ошибки, которые могут привести к некорректным прогнозам.

Особое значение имеет учет отраслевой специфики строительства. Данные должны отражать различные аспекты строительного процесса: от характеристик используемых материалов и оборудования до квалификации работников и условий окружающей среды. Для этого необходимо разрабатывать специализированные протоколы сбора и обработки информации, учитывающие особенности конкретных типов строительных работ и используемых технологий.

Следующим критически важным аспектом является понятность моделей. Специалисты по безопасности и управляющие проектами должны понимать, на основе каких факторов модель принимает решения. Использование методов объяснимого искусственного интеллекта позволяет визуализировать вклад различных переменных в прогноз и повысить прозрачность работы алгоритмов. Это особенно важно для критически важных решений, связанных с безопасностью людей.

Для повышения доверия к моделям необходимо разрабатывать специализированные интерфейсы визуализации результатов, которые будут понятны специалистам строительной отрасли. Эти интерфейсы должны предоставлять не только итоговые прогнозы, но и объяснения причин таких прогнозов, а также рекомендации по предотвращению потенциальных рисков.

Проверка моделей на реальных данных представляет собой сложную, но необходимую задачу. Недостаточно оценивать качество моделей только на исторических данных — необходимо проводить их тестирование в реальных условиях строительных площадок. Это включает в себя сравнение прогнозов с фактическими происшествиями, наблюдение за ложными срабатываниями и анализ случаев, когда модель не смогла предсказать риск. Постоянная обратная связь от экспертов-строителей позволяет корректировать и улучшать модели.

Важным аспектом валидации является оценка устойчивости моделей к изменяющимся условиям. Строительные проекты часто характеризуются уникальными особенностями, и модели должны демонстрировать стабильную работу в различных условиях. Для этого необходимо разрабатывать комплексные методики тестирования, включающие проверку на данных с разных объектов и в различные периоды времени.

Интеграция прогнозных моделей в существующие процессы управления безопасностью требует особого внимания. Модели не должны заменять человеческий опыт, а дополнять его, предоставляя специалистам дополнительные инструменты для принятия решений. Разработка интуитивно понятных интерфейсов, которые представляют прогнозы в понятной для строительных специали-

стов форме, значительно повышает вероятность практического использования этих систем.[2]

Особое значение имеет обучение персонала работе с системами прогнозирования рисков. Специалисты должны понимать принципы работы моделей, их ограничения и возможности. Это требует разработки комплексных программ обучения и создания системы поддержки пользователей.

Важным аспектом является обеспечение надежности и устойчивости к сбоям систем. Прогнозные модели должны стабильно работать в условиях строительных площадок, где могут возникать проблемы со связью, питанием и оборудованием. Реализация механизмов проверки качества данных в реальном времени и алгоритмов обработки пропущенных значений позволяет поддерживать работоспособность системы в различных условиях.

Для обеспечения бесперебойной работы необходимо разрабатывать системы резервного копирования данных и дублирования критически важных компонентов. Особое внимание следует уделять защите систем от кибератак и несанкционированного доступа, учитывая критическую важность функций безопасности.[3]

Этические соображения и защита данных играют важнейшую роль в обеспечении доверия. Системы должны гарантировать конфиденциальность персональных данных работников и соответствовать требованиям контролирующих органов. Прозрачность в том, какие данные собираются и как они используются, помогает преодолеть сопротивление со стороны сотрудников и профсоюзов.

Необходимо разрабатывать чистой политики использования данных, предусматривающие получение согласия работников на обработку их персональной информации. Важно обеспечить соответствие системы требованиям законодательства о защите данных и промышленной безопасности.

Постепенное внедрение через пробные проекты позволяет продемонстрировать ценность прогнозных моделей и накопить доказательства их эффективности. Начинать лучше с прогнозирования конкретных, хорошо измеримых рисков, таких как вероятность падения с высоты или нарушения правил безопасности, прежде чем переходить к более комплексным прогнозам.[4]

Для успешного внедрения необходимо разрабатывать детальные планы поэтапного развертывания систем, включающие периоды тестирования, обучения персонала и тонкая настройка моделей под конкретные условия эксплуатации. Важно устанавливать чистой метрики успешности внедрения и регулярно оценивать эффективность системы.

Обеспечение доверия к прогнозным моделям машинного обучения при оценке рисков на строительной площадке требует комплексного подхода, сочетающего технические методы обеспечения точности и надежности моделей с организационными мерами по их интеграции в рабочие процессы. Ключевыми элементами являются качество данных, понятность моделей, проверка на реальных данных и учет человеческого фактора. Успешная реализация таких систем позволяет значительно повысить безопасность строительных работ, снизить количество происшествий и оптимизировать процессы управления рисками. Даль-

нейшее развитие этого направления связано с созданием более адаптивных моделей, способных учитывать уникальные особенности конкретных строительных площадок и динамически подстраиваться под изменяющиеся условия работ.[1]

Перспективным направлением является разработка комплексных систем прогнозирования, объединяющих данные из различных источников и предоставляющих целостный взгляд рисков строительной площадки. Такие системы должны интегрироваться с существующими системами управления строительными проектами и обеспечивать целостное взаимодействие с другими инструментами управления безопасностью.

Список литературы

1. Чайковская, Л. В. Зеленое строительство / Л. В. Чайковская, А. В. Петрищев // Молодежь и системная модернизация страны : Сборник научных статей 7-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. В 5-ти томах, Курск, 19–20 мая 2022 года / Отв. редактор М.С. Разумов. Том 4. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 262-267. – EDN NJRRSN.
2. Кушнерев, Н. Ю. Современные автоматизированные строительные комплексы. Достоинства и недостатки / Н. Ю. Кушнерев // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 23 мая 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 272-275. – EDN KLEXYB.
3. Чайковская, Л. В. К вопросу внедрения еврокодов в Российской Федерации / Л. В. Чайковская, И. С. Брагина, Е. И. Четверикова // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2024. – № 9(1081). – С. 16-19. – EDN LQKNKF.
4. Кушнерев, Н. Ю. тенденции развития программного обеспечения в условиях санкций / Н. Ю. Кушнерев // Будущее науки - 2024 : сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 18–19 апреля 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 275-277. – EDN YEMGKK.

ЛАВРЕНТЬЕВ БОРИС ВЛАДИМИРОВИЧ, магистрант

ПОПОВ АНДРЕЙ СЕРГЕЕВИЧ, магистрант

ЧУЛЮКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ, магистрант

ЧЕРНЯВСКИЙ ДЕНИС АЛЕКСЕЕВИЧ, доцент, канд.техн.наук

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия

e-mail: dasha_leyer@mail.ru

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК: ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТА И КОНСТРУКЦИИ

В статье рассматривается методика анализа и моделирования сейсмических нагрузок для оптимизации процесса проектирования фундамента и всей конструкции. Представлена математическая модель сейсмической нагрузки, включающая параметры амплитуды, частоты и длительности удара. Описаны примеры использования модели на основе экспериментальных данных. Высказаны выводы о важности учета сейсмических факторов при проектировании и рекомендуются меры по повышению устойчивости конструкций к землетрясениям.

Ключевые слова: конструкция, фундамент, сейсмические нагрузки, амплитуды, частота, длительности удара, устойчивость конструкций к землетрясениям

Сейсмичность является одной из основных угроз безопасности построек в зоне активных тектонических процессов. Для обеспечения надежности и долговечности конструкций необходимо учитывать потенциальные нагрузки, возникающие при землетрясениях [1, 2]. В проведенном нами исследовании рассматривается методика анализа и моделирования сейсмических нагрузок с целью оптимизации проектирования фундамента и всей конструкции.

Исторический контекст проблемы:

- сейсмичность стала значительной проблемой только в последние столетия благодаря развитию городской застройки и инфраструктуры,
- первые попытки создания сейсмостойких конструкций относятся к XIX веку,
- современный подход к сейсмопроектированию развивается с середины XX века.

Математическая модель сейсмической нагрузки. Математическая модель, используемая для анализа сейсмической нагрузки [3, 4], обычно включает несколько ключевых компонентов:

1. Представление комплексного гармонического движения.

Сейсмическую нагрузку можно математически описать как сложное гармоническое движение:

$$F(t) = F_0 * e^{i(\omega t + \varphi)}$$

где F_0 - амплитуда силы,

ω - круговая частота,

t - время,

φ - фазовый угол.

2. Параметры модели:

Модель включает в себя несколько параметров:

- амплитуда F_0 (в Ньютонах),
- частота ω (в радианах в секунду),
- продолжительность удара $T = 2\pi / \omega$ (в секундах),
- максимальное ускорение $m_{\max}$ (в m/s^2),
- фазовый сдвиг φ (в секундах),
- параметр нелинейности α .

3. Дополнительные соображения:

- спектр реакции скорости: часто используется для преобразования спектров ускорения в спектры скорости, что имеет решающее значение для определения смещения грунта;
- коэффициенты усиления: они объясняют усиление движения грунта по мере его распространения через различные слои почвы;
- коэффициент затухания: влияет на рассеивание энергии во время сейсмических событий.

4. Взаимодействие грунта и конструкции. Модель должна учитывать взаимодействие между конструкцией и окружающим грунтом [5, 6, 7]. Это часто представлено следующим образом:

- коэффициенты горизонтальной реакции грунта (K_H),
- коэффициенты вертикальной реакции грунта (K_V),
- коэффициенты сдвиговой реакции грунта для боковых стен и верхних/нижних плит (K_{SS} и K_{SB}).

5. Метод статического расчета. Многие современные методы, такие как метод сейсмической деформации, используют статический расчетный подход. В этом методе:

- смещения грунта во время землетрясения определяются в первую очередь,
- эти смещения затем статически применяются к конструкции,
- рассчитываются возникающие напряжения и силы в конструкции.

6. Подходы динамического анализа:

Для более сложных сценариев или, когда требуется более высокая точность, могут использоваться методы динамического анализа [8, 9]. К ним относятся:

- анализ истории реакции: включает в себя анализ реакции конструкции на записанную или смоделированную историю движения грунта,
- модальная суперпозиция: этот метод использует естественные моды колебаний конструкции для расчета ее реакции на сейсмические воздействия.

Ключевые моменты для рассмотрения:

- выбор модели зависит от конкретных требований проекта, типа конструкции и ожидаемой сейсмической интенсивности,

- грунтовые условия играют решающую роль в анализе сейсмической нагрузки, поскольку они существенно влияют на характеристики движения грунта,

- модель должна учитывать, как инерционные силы внутри конструкции, так и внешние нагрузки от смещения грунта,

- нелинейное поведение конструкций под сейсмической нагрузкой может потребовать применения передовых методов моделирования, выходящих за рамки линейных упругих предположений,

- проверка на основе экспериментальных данных и исторических записей имеет решающее значение для обеспечения точности модели.

Эта математическая модель обеспечивает основу для анализа сейсмических нагрузок на конструкции [10]. Однако ее реализация может варьироваться в зависимости от выбранного метода анализа (например, процедура эквивалентной боковой силы, анализ спектра реакции и т. д.) и используемых программных средств.

Основные методы измерения сейсмических нагрузок.

1. Оптические системы (лазерные интерферометры).

2. Акустические системы (ультразвуковые датчики).

3. Механические системы (пневматические и гидравлические системы).

Преимущества и недостатки каждого метода:

- оптические системы: высокая точность, но требуют стабильной среды;

- Акустические системы: простота, но менее точны;

- Механические системы: универсальность, но могут искажать сигнал.

Примеры использования модели. Для демонстрации применения модели были использованы экспериментальные данные сейсмических нагрузок, полученные при испытаниях на стенде (табл. 1)

Таблица 1. Экспериментальные данные сейсмических нагрузок

Номер испытания	F_0 (кН)	ω (рад/с)	T (с)	m_{max} (м/с ²)	ϕ (с)	α
1	100	50	0.5	15	0	1.2
2	150	30	1.0	20	$\pi/3$	1.5
3	200	40	0.8	18	$-\pi/6$	1.0

Результаты расчетов по модели для испытания:

- $F(0) = 100 * e^{(i(500 + \phi_1))}$, $F(0.25) = 80 * e^{(i(500.25 + \phi_1))}$

- $m_{max}(0) = 15 * \cos(\phi_1)$, $m_{max}(0.25) = 12 * \cos(50*0.25)$

- $\alpha(0) = 1.2 * \sin(\omega t)$, $\alpha(0.25) = 1.2 * \sin(50*0.25)$

Анализ результатов. Анализ результатов показал, что предлагаемая математическая модель сейсмической нагрузки позволяет достоверно описывать реальные нагрузки на конструкции в условиях землетрясений. Модель позволяет учитывать динамические характеристики сейсмической нагрузки и ее влияние на различные элементы конструкции.

Ключевые выводы.

1. Модель корректно отражает амплитудные и частотные характеристики сейсмических нагрузок.

2. Длительность удара оказывает существенное влияние на распределение энергии по времени.

3. Фазовый сдвиг важен для определения момента максимального деформирования конструкции.

Применение модели в проектировании. Пример применения модели при проектировании фундамента:

- расчет критического усилия на фундамент: $P = F_0 * \cos(\omega T/2)$,

- определение необходимой прочности материала: $\sigma = P / S$,

- выбор оптимальной конфигурации фундамента с учетом распределения нагрузки по времени.

Таким образом, результаты проведенного анализа и моделирования позволяют рекомендовать следующие меры по повышению устойчивости конструкций к сейсмическим нагрузкам:

1. Включение параметров сейсмической нагрузки в расчеты при проектировании фундамента и всей конструкции.

2. Использование материалов с высокими прочностными характеристиками для критических элементов конструкции.

3. Применение систем контроля деформаций и повреждений для раннего выявления проблем.

4. Проведение регулярных проверок состояния конструкций после сильных землетрясений.

Предложенная методика анализа и моделирования сейсмических нагрузок может служить основой для разработки более сложных и точных моделей сейсмической устойчивости конструкций в будущем.

Список литературы

1. Полищук А.И., Мариничев М.Б. Основания и фундаменты, подземные сооружения; под ред. А.И. Полищука. 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2023. – 558 С.

2. Патент РФ на изобретение № 2320820. Фундамент / К. Ш. Шадунц, М. Б. Мариничев, В. А. Демченко // Изобретения. Полезные модели. – 2008. – № 9.

3. Мариничев М. Б. Особенности учета инженерно-геологического строения оснований пойменных территорий в сейсмических районах при выборе технических решений фундаментов высотных зданий // Вестник ПНИПУ. – 2018. – № 01 (9) – С. 103–113.

4. Мариничев М. Б. Разработка конструктивного решения вертикально армированного основания плитного фундамента высотного здания в сейсмическом районе / М. Б. Мариничев, И. Г. Ткачев // Строительство и архитектура. – 2016. – Т.4. № 1. – С. 37-44

5. Ляшенко, П. А. и др. Обобщенные характеристики в глинистых грунтах буронабивных свай / П. А. Ляшенко, В. В. Денисенко, М. Б. Мариничев // Строительство: новые технологии – новое оборудование, № 5, 2019. – С. 24–30.

6. Мариничев, М. Б. Опыт реализации нестандартных методов проектирования и строительства фундаментов высотных зданий в сейсмических районах / М. Б. Мариничев // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2017. – № 125. – С. 623–657.

7. Полищук, А. И. Результаты статических испытаний баретт повторным нагружением / А. И. Полищук, О. А. Шмидт // Современные вопросы геотехники : Сборник научных статей по материалам конференции, посвященной 75-летию профессора А. И. Полищука, Красно-

дар, 28 июля 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2024. – С. 186-193. – EDN TMUPHN.

8. Шмидт, О. А. Совершенствование метода расчета фундаментов реконструируемых зданий с учетом ограничений их дополнительных осадок / О. А. Шмидт, А. И. Полищук // Современные методы проектирования, подземного строительства и реконструкции оснований и фундаментов (GFAC 2024) : Сборник тезисов Национальной (всероссийской) научно-технической конференции с международным участием, посвященной 90-летию кафедры геотехники (механики грунтов, оснований и фундаментов, инженерной геологии), Санкт-Петербург, 23–25 октября 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 64-65. – EDN SGJDYU.

9. Polishchuk, O. A. I. Method for calculating the settlement of ring pile foundations of tanks / A. I. Polishchuk, O. A. Shmidt // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1928, No. 1. – P. 012043. – DOI 10.1088/1742-6596/1928/1/012043. – EDN VRARLP.

10. Болгов, И. В. Особенности проектирования фундаментов резервуара вблизи котлована / И. В. Болгов // Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий : материалы II Всероссийской конференции с международным участием, Пермь, 26–28 мая 2021 года. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2021. – С. 100-116. – EDN KHGRIE.

ЛАТИПОВА ДИАНА БОРИСОВНА, студент

ЛЕЙЕР ДАРЬЯ ВАЛЕРЬЕВНА, доцент, канд. техн. наук

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия

e-mail: dasha_leyer@mail.ru

СТРОИТЕЛЬСТВО НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

В данной статье рассматриваются геотехнические аспекты строительства на вечномерзлых грунтах в условиях изменения климата. Анализируются последствия деградации мерзлоты для инфраструктуры и предлагаются адаптационные стратегии, включая пассивные и активные методы охлаждения грунтов, изменения в проектировании и мониторинге. Особое внимание уделяется современным подходам, направленным на обеспечение долговременной устойчивости сооружений в Арктической зоне России.

Ключевые слова: вечномерзлые грунты, изменение климата, геотехническое строительство, термостабилизаторы, адаптация, мониторинг.

Вопросы, связанные с изменениями в окружающей среде, имеют большое значение для определения масштабов и направлений деятельности по рациональному использованию природных ресурсов в Арктике. Одной из основных проблем является прогнозируемое изменение климата, выражающееся в его потеплении, причины которого до конца не изучены. Предполагается, что это явление связано с циклическими процессами в атмосфере и накоплением парниковых газов антропогенного происхождения в атмосфере Земли.

Арктическая зона России играет важную роль в экономике страны, обеспечивая более 10% ее валового внутреннего продукта. В этом регионе сохраняется значительный промышленный потенциал, включающий предприятия нефтега-

зового комплекса, энергетические установки, магистральные трубопроводы, железные дороги, аэродромы, а также морские и речные порты.

Повышение средней температуры воздуха в Арктической зоне России происходит в 2.5–4 раза быстрее, чем в среднем на планете, что запускает целый каскад опасных природных и инфраструктурных последствий. Протаивание многолетнемерзлых пород ведет к масштабным трансформациям ландшафта: появляются просадки грунта, образуются термокарстовые озера, активизируется эрозия берегов и оползни. Дремавшие под землей гигантские пласты льда тают, лишая почву устойчивости.

Эти процессы оказывают непосредственное и разрушительное влияние на людей и хозяйственную деятельность [3, 4, 5]. Для населения это выражается в повреждении жилого фонда – тысячи зданий в городах вроде Норильска, Якутска или Салехарда получают трещины, перекашиваются и приходят в аварийное состояние из-за неравномерных просадок фундаментов [6, 7, 8]. Под угрозой оказывается критическая инфраструктура: деформируются взлетно-посадочные полосы аэропортов, разрываются трубопроводы, повреждаются линии электропередач и автомобильные дороги [11, 12]. Особую опасность представляют аварии на промышленных объектах, как это произошло в Норильске в 2020 году, когда проседание резервуара привело к разливу топлива.

Строительство в новых реалиях требует кардинального пересмотра подходов. Проектировщики и инженеры вынуждены переходить к более дорогостоящим и сложным решениям: использовать активные системы охлаждения грунта (термостабилизаторы), усиливать фундаменты глубокими сваями, достигающими устойчивых слоев, применять массивные теплоизоляционные покрытия и заранее планировать мероприятия по укреплению оснований. Все это многократно увеличивает стоимость любого строительства в Арктике.

Строительство на вечномерзлых грунтах требует разработки и внедрения комплекса адаптационных стратегий, которые можно разделить на три основные группы: пассивные, активные и стратегические изменения в проектировании.

Пассивные методы направлены на минимизацию теплового воздействия сооружения на грунт. Наиболее популярным методом остается создание холодных (вентилируемых) подполий. Пол первого этажа размещается на перекрытии, которое возвышается над уровнем земли. Подполия могут быть неветилируемыми, проветриваемыми только в летний сезон или вентилируемыми круглогодично, в зависимости от режима охлаждения [1].

Используется стратегия строительства, предусматривающая наличие холодных этажей. Это решение принимается в случае, если оно оправдано технологическими требованиями и подтверждено теплотехническим расчетом. Минимальная высота холодных первых этажей должна составлять 1 метр [2].

Часто прибегают к методу проветриваемых насыпей, в котором используется естественная конвекция холодного воздуха для отвода тепла зимой. Широко применяется теплоизоляция из материалов пенополистирола или пеностекла, которую укладывают на поверхность грунта под зданием или на откосах насы-

пей. Это позволяет сохранять холод, накопленный зимой, и предотвращает протаивание в летний период. Еще одним простым, но эффективным методом является устройство поверхностных экранов — покрытие территории светоотражающими материалами или ее окраска в белый цвет для снижения поглощения солнечной радиации.

Когда пассивных мер недостаточно, на помощь приходят активные методы, основанные на принудительном охлаждении грунта. Наиболее эффективными являются сезонно-действующие термостабилизаторы (тепмосифоны). Это закрытые трубы, заполненные хладагентом, которые устанавливаются в грунт. Зимой пары хладагента конденсируются в надземной части сифона, отдавая холод в атмосферу, а жидкий хладагент стекает вниз, забирая тепло из грунта. Летом процесс останавливается. Существуют горизонтальные трубчатые системы замораживания и стабилизации температуры (тип «ГЕТ»), а также их вертикальные аналоги (тип «ВЕТ»). Эти устройства функционируют без использования электроэнергии, автоматически активируясь в зимнее время благодаря гравитации и разнице температур между грунтом и наружным воздухом [2, 10]. Это высокоэффективная технология для охлаждения оснований ответственных объектов резервуаров, мостовых опор и фундаментов зданий. Более сложные системы могут использовать принудительную вентиляцию холодного зимнего воздуха через специальные каналы в грунте.

Третья группа стратегий — это коренные изменения в проектировании и нормативах. Поскольку прогнозировать поведение мерзлоты стало сложнее, на первый план выходит риск-ориентированный подход. Это означает, что при проектировании рассматриваются несколько сценариев изменения климата и рассчитывается вероятность оттаивания. В ответ инженеры все чаще отказываются от принципа сохранения мерзлоты в пользу принципа адаптации к оттаиванию. Это предполагает использование фундаментов, рассчитанных на значительные неравномерные деформации (гибкие конструкции, шарнирные соединения), или предварительное протаивание и укрепление грунтов (цементацией) до начала строительства. Глубокие сваи, заложенные в устойчивые, не подверженные оттаиванию слои мерзлоты, становятся стандартом для многоэтажного строительства.

Важнейшим элементом любой современной стратегии становится непрерывный геотехнический мониторинг. Установка датчиков температуры и деформации в основании объектов позволяет в реальном времени отслеживать их состояние и принимать упреждающие меры в случае опасных тенденций.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что современный подход к строительству на вечной мерзлоте — это уже не выбор одного метода, а комплексная система, сочетающая пассивную защиту, активное охлаждение, адаптивное проектирование и постоянный мониторинг для обеспечения долговременной безопасности сооружений.

Список литературы

1. Электронный ресурс / Строительство на мерзлых грунтах // <https://izron.ru/articles/aktualnye-voprosy-tekhnicheskikh-nauk-v-sovremennykh-usloviyakh->

sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-m/sektsiya-10-stroitelstvo-i-arkhitektura-spetsialnost-05-23-00/stroitelstvo-na-merzlykh-gruntakh/

2. Электронный ресурс / Цена ошибки — разрушение: как правильно проектировать и строить на вечной мерзлоте // <https://stroygaz.ru/publication/technologies/tsena-oshibki-razrushenie-kak-pravilno-proektirovat-i-stroit-na-vechnoy-merzlote/>

3. Polishchuk, A. I. Main reasons for strengthening foundations and base soil stabilizations of used buildings / A. I. Polishchuk, I. V. Semyonov, V. A. Demchenko // Journal of Physics: Conference Series : 2, Perm, 26–28 мая 2021 года. — Perm, 2021. — P. 012029. — DOI 10.1088/1742-6596/1928/1/012029. — EDN QJREFB.

4. Полищук, А. И. Совершенствование способов устройства фундаментов вблизи существующих зданий / А. И. Полищук, А. С. Межаков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. — 2014. — № 3. — С. 143–147. — EDN SFABKZ.

5. Strengthening of the Foundations of Renovated Buildings With Injection Piles / A. I. Polishchuk, N. S. Nikitina, A. A. Petukhov, I. V. Semyonov // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. — 2021. — Vol. 17, No. 1. — P. 75–86. — DOI 10.22337/2587-9618-2021-17-1-75-86. — EDN RCSPAE.

6. Чернявский, Д. А. К вопросу о проведении реконструкции здания котельной в г. Керчь / Д. А. Чернявский, Г. Г. Солонов // Итоги научно-исследовательской работы за 2021 год : Материалы Юбилейной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ, Краснодар, 06 апреля 2022 года / Отв. за выпуск А.Г. Кошаев. — Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. — С. 170–172. — EDN BOQANU.

7. Солонов, Г. Г. Причины обводнения основания и фундаментов гражданского здания на глинистых грунтах / Г. Г. Солонов // Вектор современной науки : Сборник тезисов по материалам Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Краснодар, 15 ноября 2022 года. — Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. — С. 925–927. — EDN PHVQDU.

8. Патент № 2813864 С1 Российская Федерация, МПК E02D 27/08. Устройство для изготовления буринъекционной конической сваи для глинистых грунтов : № 2023116137 : заявл. 19.06.2023 : опубл. 19.02.2024 / А. И. Полищук, Г. Г. Солонов, Д. А. Чернявский ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина". — EDN LCOOLB.

9. Шевченко, М. Ю. Исследование эффективных фундаментов для разновысотного здания / М. Ю. Шевченко, В. А. Демченко, Г. Г. Солонов // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых : Сборник научных статей 5-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок. В 4-х томах, Курск, 29 ноября 2024 года. — Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. — С. 364–367. — EDN LOSEBN.

10. Ещенко, О. Ю. Опыт усиления основания крупных резервуаров для хранения воды по технологии Jet-Grouting / О. Ю. Ещенко, И. В. Болгов // Научно-технологическое обеспечение агропромышленного комплекса России: проблемы и решения : Сборник тезисов по материалам II Национальной конференции, Краснодар, 16–17 октября 2018 года / Отв. за выпуск А.Г. Кошаев. — Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. — С. 37. — EDN UKGRFN.

11. Маций, С. И. Защитные свайные сооружения опор эстакад, «обтекаемые» грунтом оползней / С. И. Маций, Д. В. Лейер, А. К. Рябухин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. — 2017. — Т. 8. — № 4. — С. 15–24. — DOI 10.15593/2224-9826/2017.4.02 — EDN YLDAPD.

12. Лейер, Д. В. Оптимизация методики расчета защитного сооружения на свайном основании, "обтекаемого" оползневыми глинистыми грунтами / Д. В. Лейер // Политематический

сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 119. – С. 1200-1216. – EDN WAFLAB.

МАХОВ ВИКТОР СЕРГЕЕВИЧ, студент

Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

(e-mail: mahov.vitya2016@yandex.ru)

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Энергоэффективное строительство перестало быть просто тенденцией, а стало насущной необходимостью. Причины очевидны: ресурсы планеты безграничны, счета за энергию растут, а экология требует бережного отношения. Учитывая, что строительный сектор «съедает» почти 48% мировых энергоресурсов, его модернизация - это прямой путь к решению этих глобальных проблем.

Ключевые слова: энергоэффективность, здания, сооружения, тепло, энергия.

Под энергоэффективностью здания подразумевается совокупность его качеств, которые определяют разумный расход тепла и электричества при его использовании. Главный принцип здесь прост: минимальные энергозатраты при максимальном комфорте внутри помещений [1].

Одним из фундаментальных методов повышения энергоэффективности является комплексное утепление здания. Речь идет о улучшении теплоизоляции наружных стен, кровли и оконных конструкций, что позволяет резко сократить неконтролируемые теплопотери зимой и перегрев помещений летом [2].

Главные плюсы такого подхода очевидны: это прямое и значительное снижение счетов за отопление и кондиционирование, а также рост комфорта жильцов, которые получают стабильный и приятный микроклимат в любое время года [3]. Однако и без минусов не обходится. На пути к экономии владельцев ждут серьезные первоначальные вложения в качественные материалы и профессиональные монтажные работы. Кроме того, критически важно заранее продумать систему вентиляции, поскольку после герметизации всех щелей естественный воздухообмен может нарушиться, что приведет к духоте и повышенной влажности внутри помещений.

Установка современных энергоэффективных окон, таких как конструкции с тройным стеклопакетом или со специальным низкоэмиссионным покрытием, также является ключевым элементом в снижении общих теплопотерь здания. Их главная задача - создать надежный барьер против холода, существенно уменьшая расходы на отопление. Помимо теплосбережения, такие окна отлично изолируют помещение от уличного шума и при этом пропускают внутрь больше естественного света, создавая более комфортную и здоровую атмосферу.

Однако за эти преимущества приходится платить: первоначальная стоимость, как самих окон, так и их профессионального монтажа достаточно высока. При этом именно качественная установка играет решающую роль - даже самая современная конструкция не будет работать эффективно, если вокруг нее останутся мостики холода и утечки воздуха.

Все более популярным трендом в строительстве становится интеграция возобновляемых источников энергии непосредственно в конструкцию зданий [4].

Речь идет об установке солнечных батарей, ветровых генераторов малой мощности или систем геотермального отопления, которые превращают здание из пассивного потребителя в активного производителя энергии. Ключевое преимущество такого подхода - значительное снижение зависимости от внешних энергосетей и традиционных ископаемых ресурсов. Более того, при грамотном планировании у владельцев появляется возможность не только покрывать собственные нужды, но и получать доход, продавая излишки выработанной энергии обратно в общую сеть.

Только внедрение этих технологий сопряжено и с рядом трудностей. Начальные инвестиции в оборудование и его монтаж остаются весьма высокими, как и последующие расходы на техническое обслуживание. И их эффективность напрямую зависит от внешних факторов, таких как погода и географическое расположение, что может приводить к непостоянству в выработке энергии.

Современным подходом к повышению энергоэффективности являются интеллектуальные системы управления зданием. Их суть заключается в автоматизации работы инженерных систем, таких как отопление, вентиляция, кондиционирование и освещение, с помощью технологий «умного дома». Это позволяет не только контролировать, но и гибко управлять энергопотреблением в режиме реального времени.

Главный плюс таких решений - это значительная оптимизация расходов на коммунальные ресурсы благодаря рациональному использованию оборудования. Помимо экономии, они создают новый уровень комфорта для жильцов, позволяя автоматически одерживать идеальные параметры среды в каждом помещении.

Но внедрение подобных систем требует существенных первоначальных вложений в оборудование и его профессиональную настройку. Также для раскрытия всего их потенциала требуется обучение пользователей, так как без понимания принципов работы невозможно эффективно использовать все доступные функции и, как следствие, добиться максимальной экономии энергии.

Одним из наиболее экологичных и экономичных подходов в строительстве является использование пассивных солнечных технологий. Их суть заключается не в установке сложного оборудования, а в грамотном архитектурном проектировании.

Здание изначально ориентируют по сторонам света, располагают окна и выбирают материалы таким образом, чтобы максимально использовать естественную солнечную энергию для освещения и обогрева помещений. Главный плюс этого метода - значительное сокращение потребления электри-

чества и тепла благодаря силам природы, что делает эксплуатацию здания крайне выгодной. Кроме того, пространства, наполненные естественным светом, зачастую выигрывают и в эстетическом плане, становясь более комфортными и привлекательными.

Однако реализовать такие решения возможно только на стадии проектирования, что требует глубокого анализа местного климата и тщательных расчетов. Именно поэтому пассивные солнечные технологии сложно применить при реконструкции уже существующих зданий, где возможности для изменений в планировке и ориентации сильно ограничены [5].

Подводя итоги, можно отметить, что инвестиции в энергоэффективность зданий - это не просто способ снизить затраты, но и весомый вклад в решение общественных задач. Достижение этой цели возможно только через последовательное и комплексное внедрение передовых технологий.

Список литературы

1. Чайковская, Л. В. К вопросу совершенствования правового обеспечения качества городской среды в Российской Федерации / Л. В. Чайковская // Юрист. – 2024. – № 9. – С. 8-12. – DOI 10.18572/1812-3929-2024-9-8-12. – EDN MBJXMP.
2. Tchaikovskaya, L. Calculation of the City Functions Realizability Indicator as a Tool for Deciding on the Rational Provision of a Land Plot for Construction / L. Tchaikovskaya, A. Shleenko, V. Pakhomov // Modern Problems in Construction : Selected Papers from MPC 2022, Kursk, 17–18 ноября 2022 года. – Kursk: Springer Nature Switzerland AG, 2024. – P. 9-18. – EDN CLTHDV.
3. BIM-моделирование в России в условиях импортозамещения / Л. В. Чайковская, Э. Э. Джафаров, Д. В. Полторацкий, А. Д. Бороздин // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2023. – № 8(1068). – С. 22-23. – EDN ADISNF.
4. Бакаева, Н. В. Функция города "Милосердие" как градообразующий фактор / Н. В. Бакаева, Л. В. Чайковская // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2018. – № 4(79). – С. 50-56. – DOI 10.21869/2223-1560-2018-22-4-50-56. – EDN YQVOIX.
5. Комплексное развитие территории как фактор повышения качества городской среды / Л. В. Чайковская, И. С. Брагина, Е. И. Четверикова, А. В. Шлеенко // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2024. – № 3(1075). – С. 24-27. – EDN JHIOYF.

МАХОВ ВИКТОР СЕРГЕЕВИЧ, студент
Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия
(e-mail: mahov.vitya2016@yandex.ru)

СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ КАМЕННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Интенсивное освоение сейсмоактивных регионов остро ставит вопрос сейсмостойкости строительных конструкций. Учитывая, что каменные и железобетонные элементы формируют несущую основу большинства зданий, необходимо всесторонне изучать их реакцию на сейсмические воздействия.

Ключевые слова: конструкции, железобетон, сейсмостойкость, сооружения, здания.

Сейсмостойкость представляет собой комплексное свойство зданий и сооружений, заключающееся в их способности воспринимать сейсмические воздействия без разрушений, угрожающих безопасности людей. Это фундаментальное понятие является основой для сейсмостойкого строительства, главная задача которого - гарантировать сохранность несущих конструкций во время землетрясений. [1]

Каменные конструкции

Конструкции из камня, кирпича или бетонных блоков отличаются значительной прочностью при сжатии, но проявляют слабую сопротивляемость растягивающим нагрузкам. Это фундаментальное свойство определяет их поведение при сейсмических воздействиях.

Жесткость неармированных каменных сооружений вместе с минимальной способностью к пластическим деформациям делает их особенно восприимчивыми к сейсмическим нагрузкам. При землетрясениях такие конструкции склонны к хрупкому разрушению из-за неспособности эффективно рассеивать энергию колебаний.

Неоспоримыми преимуществами являются долговечность и экономическая эффективность обслуживания. Однако эти достоинства сопровождаются серьезными ограничениями: низкой устойчивостью к деформациям растяжения, склонностью к трещинообразованию и недостаточной устойчивостью к боковым нагрузкам, что существенно снижает их сейсмическую надежность. [2]

Железобетонные конструкции

Железобетон представляет собой композитный материал, рационально сочетающий прочность бетона на сжатие с устойчивостью стали к растяжению. Такая синергия обеспечивает оптимальное сопротивление комплексным нагрузкам и повышенную пластичность.

Арматурный каркас принципиально меняет поведение конструкции при сейсмических воздействиях, обеспечивая:

- Контролируемое восприятие знакопеременных нагрузок
- Способность к упругим деформациям без потери целостности

• Возможность проектирования систем с регулируемыми параметрами жесткости

Сильные стороны включают универсальную прочностную характеристику и свободу в создании архитектурно сложных объектов.

Однако эти преимущества требуют значительных инвестиций в качественное исполнение и постоянную защиту стальных элементов от коррозионных процессов. [3]

Современные методы повышения сейсмостойкости строительных конструкций

Для усиления сейсмической устойчивости зданий применяется комплекс инженерных решений. Устройство дополнительных ригелей и диафрагм жесткости позволяет создать более прочный каркас, эффективно перераспределяющий сейсмические нагрузки.

Особое внимание уделяется системам сейсмозащиты, включающим демпфирующие устройства и гибкие основания. Эти решения работают по принципу гашения колебаний, значительно снижая передачу сейсмической энергии на несущие конструкции.

Перспективным направлением является внедрение инновационных материалов.

Современные композиты сочетают высокую прочность с малой массой, что позволяет улучшить динамические характеристики зданий без увеличения нагрузок на основание. [4,5]

Подводя итоги, следует подчеркнуть, что сейсмостойкость строительных конструкций - фундаментальное требование для возведения зданий в сейсмоактивных регионах. Изучение поведения материалов при динамических нагрузках и применение инновационных инженерных решений позволяют создавать устойчивые к землетрясениям объекты.

Разработка усовершенствованных методов усиления конструкций остается важнейшим направлением в работе проектировщиков и исследователей.

Список литературы

1. Кириченко, М. А. Проектирование фундаментов в условиях сейсмических воздействий / М. А. Кириченко, Д. С. Волкова // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 23 мая 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 240-243. – EDN UQKCUJ.

2. Денисова, А. А. Влияние климатических условий на выбор фундамента / А. А. Денисова, Д. С. Волкова, А. В. Прокошин // Информационные системы и технологии АПК и ПГС : Сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 10 октября 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 195-198. – EDN DMPWJF.

3. Савенкова, М. В. Использование геосинтетиков в геотехнике: обзор применения геосинтетиков в укреплении грунтов / М. В. Савенкова, А. В. Шлеенко, Д. С. Волкова // Ресурсосбережение и экология: агропромышленный комплекс, проектирование и строительство : сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-практической конференции молодых

ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 21 ноября 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 240-243. – EDN MMTDCM.

4. Макеева, И. Н. Геотехническая безопасность зданий и сооружений на многолетнемерзлотных грунтах / И. Н. Макеева, Д. С. Волкова // Информационные системы и технологии АПК и ПГС : Сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 10 октября 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 255-259. – EDN IAMPT.

5. Мищенко, Д. С. Особенности строительства в сейсмоопасных районах Дальнего Востока / Д. С. Мищенко // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений : сборник научных трудов 4-й Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 22 ноября 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 360-362. – EDN YJONCW.

МИХАЙЛОВ ЕВГЕНИЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ, магистрант
Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ УСТРОЙСТВЕ КОММУНАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

Статья посвящена современным направлениям в области ремонтно-строительного производства при устройстве коммунальных трубопроводных сетей в условиях плотной городской застройки. Ввиду наличия проблемы значительного физического износа подземных коммуникаций и ограниченности традиционных методов прокладки в стесненных городских условиях, рассматриваются бестраншейные технологии.

Ключевые слова: строительство, городская застройка, подземное пространство, коммунальные сети, коммунальная инфраструктура.

Интенсивное развитие городских территорий характеризуется значительным усложнением подземной инфраструктуры, включающей разветвленные сети инженерных коммуникаций, транспортные тоннели и многофункциональные подземные сооружения [1]. Современная тенденция к размещению объектов социально-бытового назначения в подземном пространстве обусловлена дефицитом свободных поверхностных территорий в условиях сложившейся городской застройки.

Особую значимость в данных условиях приобретают технологии, позволяющие осуществлять монтаж и реконструкцию инженерных сетей без нарушения целостности поверхности земли, что особенно актуально при пересечении транспортных магистралей и других критически важных элементов городской инфраструктуры [2].

Существующие сети водопровода и канализации, характеризующиеся значительным сроком эксплуатации и выполненные из разнородных материалов, демонстрируют прогрессирующий физический износ [3]. Данная ситуация ус-

гублется недостаточным уровнем технического обслуживания и несвоевременным проведением ремонтных работ. Последствиями эксплуатации изношенных коммуникаций становятся не только снижение пропускной способности и ухудшение качества питьевой воды, но и возникновение рисков загрязнения почвенных слоев и водных ресурсов.

Критическое состояние подземных коммунальных сетей в секторе жилищно-коммунального хозяйства требует разработки эффективных подходов к их модернизации [4]. Традиционные методы подземного строительства, включая щитовую проходку и продавливание стальных футляров, демонстрируют ограниченную применимость в условиях плотной городской застройки. Кроме технических сложностей, эти методы несут потенциальные риски просадки земной поверхности и нарушения существующей инфраструктуры.

В современных урбанизированных условиях, где подземное пространство характеризуется высокой насыщенностью различными коммуникациями, применение открытых способов работ становится технологически затруднительным, а в некоторых случаях – практически невозможным. Особую сложность представляют участки под транспортными магистралями с интенсивным движением, где традиционные методы прокладки коммуникаций неприменимы.

Перспективным направлением модернизации подземной инфраструктуры являются бестраншейные технологии, позволяющие осуществлять ремонтно-строительные работы без нарушения целостности городского ландшафта [5]. Эти методы основаны на использовании специализированного оборудования, включающего пневмопробойники, микрощиты и установки горизонтально-направленного бурения. Выбор конкретной технологической схемы определяется комплексом факторов, среди которых глубина заложения, диаметр трубопровода, требуемая точность траектории, протяженность участка и инженерно-геологические условия.

Для пересечения транспортных магистралей на относительно небольших расстояниях и умеренных глубинах эффективно применяются пневмопробойники (рисунок 1). При необходимости прокладки коммуникаций значительной протяженности с высокими требованиями к точности траектории оптимальным решением становится микротоннелирование с использованием микрощитов (рисунок 2). Технология горизонтально-направленного бурения, предусматривающая формирование пилотной скважины с последующим ее расширением, демонстрирует особую эффективность при преодолении водных преград и других сложных участков.

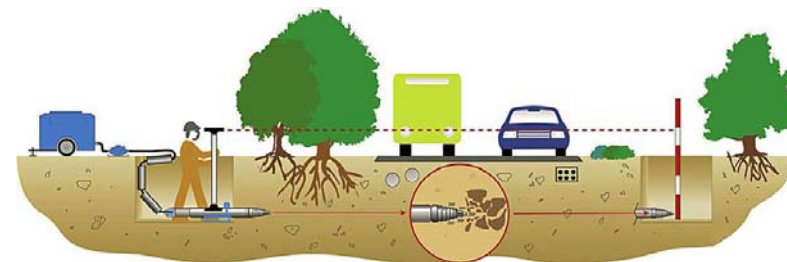


Рис. 1. – Принцип работы пневмопробойника [6]

Внедрение бестраншейных методов обеспечивает существенное сокращение сроков выполнения работ при одновременной оптимизации использования материальных ресурсов. Важным преимуществом является минимизация воздействия на окружающую среду и исключение необходимости введения ограничений транспортного движения. Социально-экономический эффект проявляется в сохранении природного ландшафта, защите зеленых насаждений и объектов благоустройства.



Рис. 2. – Выполнение работ методом микротоннелирования [7]

Массовое применение бестраншейных технологий в жилищно-коммунальном хозяйстве создает предпосылки для проведения ремонтно-восстановительных работ с минимальным воздействием на городскую среду. Это направление приобретает особую значимость для мегаполисов с высокой плотностью застройки и насыщенной подземной инфраструктурой, где традиционные методы модернизации коммунальных сетей достигают своих технологических пределов.

Дальнейшее развитие бестраншейных технологий должно быть направлено на совершенствование технических характеристик оборудования, расширение диапазона применимости в различных инженерно-геологических условиях и оптимизацию экономических показателей их использования. Особое внимание следует уделить разработке комплексных методик выбора технологических решений на основе анализа конкретных условий строительства и эксплуатационных требований.

Список литературы

1. Новоселова И.В., Петров К.С., Аль-Фатла Т.Н.М., Шут М.А. Организационно-технологические аспекты управления территориальными ресурсами города Ростова-на-Дону // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2022. – № 8 (1056). – С. 49-51.
2. Шеина С.Г., Сухинин С.А., Зильберов Р.Д. Организационные аспекты комплексного развития дорожно-транспортной инфраструктуры в городской агломерации // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 10 (118). – С. 397-406.
3. Жаров А.А. Основные риски, влияющие на систему водоснабжения крупных городов // Инновационные исследования как основа развития научной мысли: материалы XI Международной научно-практической конференции. – Анапа: Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов, 2023. – С. 11-15.
4. Гиря Л.В., Добровольский Р.И. Реконструкция подземных зданий и коммунальных сооружений // Строительство и архитектура – 2022: материалы международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2022. – С. 111-112.
5. Зильберова И.Ю., Петров К.С., Омар А. Современные методы реконструкции трубопроводов в условиях плотной городской застройки // Известия Ростовского государственного строительного университета. – 2013. – № 17. – С. 34-38.
6. Все про прокладку труб с помощью пневматического пробойника // Все про спецтехнику [Электронный ресурс]. URL: spec-machines.ru/tools/prokladka-truboprovoda-pnevmoпробойником.html.
7. Замалетдинова А.И. Анализ методов бестраншейной прокладки нефтегазопроводов через преграды. Технология DIRECT PIPE // Научный журнал NovaUm.Ru [Электронный ресурс]. – 2021. – №29. – С. 4-10.

МОВЛЯНОВА МАДИНА, студент

(e-mail: movlyanova.96@mail.ru)

САБУРОВ РОМАН, студент

(e-mail: sabro.97@mail.ru)

БЕКМУРДОВ КОЗИБЕК, студент

Юго-Западный Государственный университет, г. Курск, Россия

(e-mail: qozibek1404@gmail.com)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОНА. ЕГО ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

В статье анализируются различные физико-химические свойства железобетона. Приводятся преимущества и недостатки данного материала.

Ключевые слова: железобетон, прочность, плотность, водонепроницаемость.

В современной строительной индустрии повсеместно используются конструкции из железобетона, и ни одно новое сооружение не обходится без их применения. Железобетонные изделия характеризуются исключительной прочностью, устойчивостью к высоким температурам и долговечностью. Они не требуют специальной защиты от разрушительного атмосферного воздействия. Со временем бетон лишь набирает прочность, а арматура, находящаяся внутри, надежно защищена от коррозии. Благодаря своим свойствам, железобетон позволяет создавать сооружения самых разнообразных архитектурных форм.

Железобетон – это строительный композит, образованный комбинацией бетона и стальной арматуры, взаимодействующих под воздействием нагрузок как целостная конструкция. Взаимодействие этих двух разнородных материалов, отличающихся строением и механическими характеристиками, позволяет усилить невысокую устойчивость бетона к растягивающим усилиям посредством стального армирования. Арматура, обладая высокой прочностью на растяжение и сжатие, компенсирует ограниченные возможности бетона в качестве конструкционного элемента. [1]

В зависимости от технологии производства, конструкции из железобетона классифицируются на два типа: монолитные и сборные.

Монолитные конструкции создаются прямо на строительной площадке, в месте их будущего расположения согласно проектной документации. Этот процесс требует существенных трудозатрат и расхода материалов для создания опалубочных систем, поддерживающих элементов и прочего.

Сборные железобетонные элементы в большинстве случаев оказываются более экономически выгодными по сравнению с монолитными. Это обусловлено их изготовлением на специализированных предприятиях и полигонах, где производственный процесс оптимизирован, механизирован и отличается высокой эффективностью. [2]

Ключевыми физико-механическими характеристиками бетона являются: предел прочности, удельный вес, деформативность, водонепроницаемость и устойчивость к воздействию высоких температур. Рассмотрим некоторые из них.

Прочность бетона определяется его устойчивостью к химическим и физическим факторам, а также его способностью выдерживать механические и другие нагрузки после затвердевания. Данная характеристика играет определяющую роль при выборе технологии строительства и гарантирует надежную и продолжительную службу бетонных конструкций.

При разработке проекта здания или сооружения крайне важно принимать во внимание его способность противостоять различным нагрузкам, включая механические и ветровые воздействия. В этом контексте прочность бетона является приоритетным параметром. Использование бетона с недостаточной прочностью может привести к образованию трещин и, в конечном итоге, к полному разрушению строительного объекта.

Класс бетона по прочности на сжатие определяется его маркой. Марка бетона обозначает сопротивление сжатию кубических образцов размером 20х20х20 см, которые затвердевали в течение 28 дней. Это сопротивление измеряется в кг/см². Строительные нормы и правила (СНиП) определяют следующие марки бетона:

а) Для обычных бетонов: 25, 35, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 и 600.

б) Для легких бетонов: 10, 15, 25, 35, 50, 75, 100, 150, 200 и 300.

На прочностные характеристики бетона оказывают влияние различные факторы, включая активность используемого цемента, качество заполнителей (песка, щебня или гравия), состав воды, а также методы смешивания, доставки, укладки и условия отверждения бетона в зависимости от срока его эксплуатации.

Бетонная плотность — это мера массы бетона в отношении к занимаемому им пространству. Данный показатель влияет на пористость структуры, её гомогенность и скорость затвердевания, а, следовательно, и на надежность и долговечность конечного изделия. Существует несколько определений этого понятия.

Истинная плотность представляет собой соотношение массы к объему в наиболее сжатом виде, исключая воздействие внешних условий и наличие пор или пустот. Средняя плотность — это отношение веса материала к его полному объему, включая внутренние поры и пустоты. Этот параметр, также известный как удельный вес, показывает вес стройматериала в зависимости от марки. Именно средняя плотность наиболее важна на практике: по ней классифицируют бетон и ее значения регламентируются государственными стандартами. [3]

В нормативных документах также определены нормируемая и требуемая плотности бетона. Кроме того, есть фактическая плотность, определяемая при изготовлении конкретной партии. Несмотря на многообразие определений, наиболее точно состояние материала описывает именно средняя плотность.

Существует косвенная взаимосвязь между плотностью и прочностью бетона: бетон с плотной мелкозернистой структурой и качественными заполнителями склонен демонстрировать повышенную прочность, хотя это и не является единственным определяющим фактором.

В то же время, легкие бетоны, созданные на основе пористых заполнителей, характеризуются сниженной плотностью и, как следствие, обычно меньшей прочностью. Однако это обстоятельство уравнивается их улучшенными теплоизоляционными характеристиками и сниженной нагрузкой на несущие конструкции. [4]

Способность к деформации. Данное свойство бетона определяет его удобоукладываемость, то есть способность равномерно заполнять все участки опалубки, избегая образования пустот и дефектов. Существует несколько видов бетонных смесей, различающихся по степени пластичности: от жестких до текучих.

Для определения консистенции используются специальные приборы, наиболее распространенным из которых является стандартный конус. Этот инструмент представляет собой усеченный конус из металла, не имеющий основания, с высотой 30 см и диаметрами верхнего и нижнего оснований 10 и 20 см соответственно. Процесс измерения включает заполнение конуса бетонной смесью в три этапа, с уплотнением каждого слоя металлическим стержнем.

После аккуратного извлечения конуса происходит осадка бетонной массы. Величина этой осадки, выраженная в сантиметрах, служит показателем пластичности исследуемого бетона. Окончательным результатом считается среднее значение, полученное по итогам трех аналогичных измерений.

Водопроницаемость. Степень водопроницаемости характеризуется величиной наибольшего давления воды, при котором последняя просачивается через бетонный образец. Водопроницаемость бетона зависит от его плотности и структуры, величины напора воды, возраста бетона и условий твердения. Водо-

проницаемость бетона мала и может быть еще более снижена за счет подбора цемента, заполнителей и добавок.

Использование сборных железобетонных изделий в строительстве предоставляет целый ряд преимуществ:

- Сокращение сроков строительства за счёт быстрого монтажа готовых элементов.
- Повышение качества зданий благодаря заводскому контролю за производством.
- Уменьшение зависимости от погодных условий на стадии монтажа.
- Рациональное использование материалов за счёт оптимизированных конструкций.
- Гибкость проектных решений, позволяющая реализовать как стандартные, так и индивидуальные архитектурные задачи.
- Экономия средств за счёт снижения трудозатрат на бетонные работы на стройплощадке.

Наряду с преимуществами существуют и определённые ограничения, которые необходимо учитывать:

- Необходимость тщательной логистики — доставка крупных и тяжёлых изделий требует специального транспорта и оборудования.
- Ограниченная гибкость изменений на стройплощадке — сборные элементы заранее изготавливаются по проекту и не подлежат корректировке.
- Высокие требования к точности проектирования и монтажа — ошибки на любом этапе приводят к затруднениям в сборке.
- Теплопроводность — без дополнительной теплоизоляции железобетонные элементы могут способствовать теплопотерям в зданиях. [5]

Использование стали и бетона в тандеме — отличное решение. Актуальные железобетонные конструкции характеризуются множеством преимуществ, и их экономически эффективно задействовать при строительстве объектов различного типа. Их высокая прочность, долговечность, огнестойкость и устойчивость к погодным воздействиям в сочетании с экономичностью и гибкостью конструктивных решений делают их превосходным выбором для возведения различных зданий и сооружений.

От фундаментов до инженерных сооружений, от несущих конструкций до архитектурных форм — бетон и железобетон находят применение везде, где требуются надежные, безопасные и долговечные конструкции. Грамотный расчет, проектирование с учетом всех нагрузок и воздействий, использование сертифицированных материалов высокого качества и строгий контроль на всех этапах производства работ позволяют создавать бетонные и железобетонные конструкции, способные прослужить десятилетия без потери эксплуатационных свойств.

Список литературы

1. Волкова, Д. С. Высокопрочный бетон / Д. С. Волкова, Р. С. Глушенко // Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций : сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции, Курск, 05 октября 2022 года. — Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. — С. 75-78. — EDN JIZZEQ.

2. Бондаренко В.М. Железобетонные и каменные конструкции/ 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2002. 876 с.

3. Волкова, Д. С. Недостатки использования композитной арматуры / Д. С. Волкова, Р. А. Марков, Д. А. Бредихин // Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций : сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции, Курск, 05 октября 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 78-81. – EDN SSOIDS.

4. Смоляго Г.А., Дронов В.И. Основы курса «Железобетонные и каменные конструкции». Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. С.34-39

5. Волкова, Д. С. Классификация бетона по структуре, назначению, виду вяжущих, и зерновому составу заполнителя / Д. С. Волкова, Э. Э. Джафаров // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых : сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок : в 4 т., Курск, 01 декабря 2022 года. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 295-298. – EDN CTIVAK.

ОВЕЗОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ, магистрант

СУРМАЛЯН КАРЕН АРТУРОВИЧ, магистрант

ДОЛЖЕНКО ЕКАТЕРИНА НИКОЛАЕВНА, ассистент

e-mail: r-a-k-1987@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
г. Краснодар, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЗУБЬЕВ В ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТАХ УГОЛКОВЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАСЧЕТНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЖЕНИЙ

В статье рассмотрен вопрос целесообразности применения монолитных зубьев в конструкциях угловых подпорных стен с целью повышения их устойчивости при воздействии активного давления грунта с учетом расчетных сейсмических нагрузений.

Ключевые слова: подпорное сооружение углового типа, монолитные зубья, прилегающий к сооружению грунтовый массив, активное давление грунта, призма обрушения грунтового массива

Проектирование подпорных сооружений в зависимости от применяемого строительного материала, условий эксплуатации, области использования и т. д. регламентируется довольно значительным перечнем нормативной литературы. Подпорные сооружения в зависимости от области применения могут воспринимать значительные нагрузки, в том числе, давление от грунта в зоне призмы его обрушения, оползневые нагрузки с включением большого объема и массы смещающихся грунтов.

В частности, основным регламентирующим нормативным документов в области проектирования подпорных стен является СП 381.1325800.2018 «Сооружения подпорные. Правила проектирования». Согласно данного свода правил

при конструировании подпорных стен углового типа [1] в основании необходимо предусматривать специальные монолитные зубья, которые препятствуют горизонтальному смещению стен, тем самым, повышая их устойчивость.

Однако, устройство данных элементов приводит к удорожанию стоимости строительства, требуется техническое обоснование необходимости применения данных конструктивных элементов. Таким образом, в рамках настоящей работы основным является определение необходимости выполнения монолитных зубьев угловых подпорных стен при воздействии сейсмических нагрузений [2].

Актуальность данной работы заключается в исследовании вопроса целесообразности применения монолитных зубьев в фундаментных плитах угловых подпорных стен в соответствии с нормативными требованиями СП 381.1325800.2018 «Сооружения подпорные».

Основными задачами в рамках выполняемых исследований являются:

- анализ физико-механических свойств связных и несвязных грунтов для реализации серий математических моделирований [3];

- анализ применяемых моделей поведения грунтов при математическом моделировании и определении наиболее целесообразной методики, исходя из опыта геотехнических расчетов и получаемых данных инженерно-геологических изысканий;

- анализ геологических условий с целью построения расчетной модели и определения необходимых физических и механических свойств грунтов, построения расчетной модели на основе инженерно-геологического разреза;

- численное моделирование подпорного сооружения углового типа с монолитными зубьями и без них для определения целесообразности их применения и обоснованности требований СП 381.1325800.2018 «Сооружения подпорные».

Новизна выполняемых исследований заключается в уточнении области применения монолитных зубьев в фундаментной плите подпорного сооружения углового типа и подтверждении необходимости их применения для повышения устойчивости всей геотехнической системы и снижения возникающих усилий в отдельных несущих конструкциях [4].

Практическая значимость выполненных исследований будет заключаться в подтверждении необходимости устройства монолитных зубьев в плитах угловых подпорных стен с целью повышения их устойчивости, в частности, при влиянии расчетных сейсмических нагрузений.

В ходе работ было выполнено следующее:

- исследование влияния физико-механических свойств при численном моделировании геотехнических систем «геологическая среда – подпорное сооружение углового типа с монолитными зубьями»;

- определение наиболее целесообразной модели грунтов [5] для математического численного моделирования подпорного сооружения углового типа и прилегающего грунтового массива;

– выполнение серий численных моделирований с помощью расчетного программного комплекса Plaxis при основном и особом сочетании нагрузок, с учетом сейсмического воздействия;

– подтверждение необходимости применения монолитных зубьев в основании фундаментной плиты уголковых подпорных стен при воздействии сейсмических колебаний в связи с повышением общей устойчивости геотехнической системы, снижением перемещений и возникающих усилий в отдельных конструкциях сооружения.

Таким образом установлено, что при сейсмических воздействиях целесообразно применение монолитных зубьев в основании фундаментной плиты уголковых подпорных стен, в связи с тем, что данное решение является эффективным и экономичным, обеспечивают необходимую степень надежности и безопасной эксплуатации сооружений, о чем свидетельствуют выполненные серии расчетов на сертифицированном расчетном программном комплексе.

Список литературы

1. Патент № 2211287 С1 Российская Федерация, МПК E02D 29/02. подпорная стена : № 2002112192/03 : заявл. 06.05.2002 : опубл. 27.08.2003 / К. Ш. Шадунц, С. И. Маций, С. Д. Герштенцвейг [и др.] ; заявитель Кубанский государственный аграрный университет. – EDN MNOUXF.

2. Актуализация определения сейсмичности землетрясений / А. К. Рябухин, А. Ю. Маршалка, М. В. Чумак, В. Лобанов // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 26 мая 2023 года / Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова. Том 2. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 75-77. – EDN CIGDBC.

3. Маций, С. И. Применение метода конечных элементов для исследования взаимодействия грунтов оползня со сваями / С. И. Маций, Ф. Н. Деревенец // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2005. – № 4. – С. 8-12. – EDN SLRABR.

4. Напряжённо-деформированное состояние стержневых железобетонных внецентренно нагруженных элементов в стадии трещинообразования / А. Н. Иваненко, Н. А. Иваненко, Е. Н. Пересыпкин, С. Е. Пересыпкин // Инновации. Менеджмент. Маркетинг. Туризм. – 2014. – № 2. – С. 162-165. – EDN SIEUJP.

5. Любарский, Н. Н. Оценка влияния моделей грунтов на результаты расчетов удерживающих сооружений на оползневом участке автомобильной дороги в районе г. Сочи / Н. Н. Любарский, Д. В. Лейер, Д. Г. Серый // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. – 2022. – № 2(57). – С. 45-53. – EDN CDIONB.

ПОЛОНСКАЯ ЛИЛИЯ ПАВЛОВНА, магистрант
МИХАЙЛОВ ЕВГЕНИЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ, магистрант
Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ

В статье рассмотрены перспективы развития подземной урбанистики в рамках современной градостроительной практики. Рассматриваются организационно-технологические проблемы и перспективы развития подземного строительства в городах, включая сохранение надземной застройки и геоэкологической среды.

Ключевые слова: подземное пространство, городская среда, городская застройка, подземная урбанистика, городское пространство.

Современный этап градостроительного развития характеризуется интенсивными процессами урбанизации, сопровождающимися устойчивым демографическим ростом и расширением городских территорий [1]. Эти тенденции актуализируют необходимость поиска инновационных решений в области организации городского пространства. Критическими факторами, определяющими актуальность освоения подземных пространств, выступают прогрессирующий дефицит свободных территорий, потребность в системной организации объектов культурно-бытового обслуживания, динамичное развитие транспортной инфраструктуры, а также растущие требования к санитарно-гигиеническим и эстетическим параметрам городской среды [2]. Комплексное развитие подземной инфраструктуры представляется стратегическим направлением градостроительной политики, позволяющим сохранить поверхностные территории для озеленения и формирования экологически сбалансированной городской среды.

Наиболее значимый потенциал подземная урбанистика раскрывает при реконструкции центральных городских районов, отличающихся максимальной плотностью застройки и концентрацией пешеходных потоков [3]. Практическая реализация строительных проектов ниже нулевой отметки сопряжена с преодолением комплекса организационно-технологических барьеров. Наблюдается существенный дисбаланс между теоретическим обоснованием необходимости освоения подземного пространства в профессиональной литературе и фактической разработкой научно обоснованных методик подземного строительства. Особую сложность представляет обеспечение сохранности существующих надземных сооружений в процессе ведения подземных работ, а также минимизация антропогенного вмешательства в геоэкологическую среду [4].

Эксплуатационная специфика подземных сооружений обуславливает необходимость учета ряда критически важных технических факторов. Наличие внутренних пустот создает условия для возникновения асимметричного давле-

ния грунтовых масс, что требует применения конструктивных решений с повышенными прочностными характеристиками [5]. Существенным аспектом является обеспечение надежной гидроизоляции ограждающих конструкций в условиях потенциальных колебаний уровня грунтовых вод. Международный опыт свидетельствует о результативности интегрированного подхода к освоению подземного пространства в неразрывной связи с наземной застройкой.

Градостроительный потенциал подземной урбанистики проявляется в многогранности решаемых урбанистических задач. В условиях предельной плотности исторической застройки создаются уникальные возможности для размещения объектов разнообразного функционального назначения в стратегически важных локациях. Организация подземных транспортных артерий, включая метрополитен и системы скоростного рельсового транспорта, способствует кардинальной трансформации транспортного обслуживания и увеличению скоростей пассажирских перевозок. Дополнительными преимуществами становятся создание оптимальных условий для эксплуатации инженерных сетей, строительство многоуровневых паркингов, а также достижение существенной экономии топливно-энергетических ресурсов [6].

Экологическая составляющая подземного строительства характеризуется значительным снижением акустического и вибрационного воздействия, уменьшением концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, созданием предпосылок для расширения рекреационных зон и озелененных территорий [7]. Приоритет в подземном размещении следует отдавать технологическим объектам с автоматизированными производственными циклами, герметичным оборудованием, а также сооружениям, не требующим постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Архитектурно-планировочные особенности подземных сооружений демонстрируют минимальную зависимость от рельефных характеристик местности, что обеспечивает формирование комфортных транспортных и пешеходных связей с незначительными высотными перепадами [5]. Определяющим критерием при выборе зон подземной застройки выступает комплексная технико-экономическая и социальная целесообразность освоения конкретных участков городской территории.

Таким образом, очевидны значительные перспективы подземного строительства в крупных урбанизированных агломерациях [2]. Под землей потенциально могут размещаться до 70 % гаражных комплексов, 80 % складских помещений, 50 % хранилищ и архивных фондов, 30 % объектов сервисного обслуживания [8]. Особую категорию составляют технологически сложные инженерные сооружения, включая горнопромышленные комплексы, подземные генерирующие объекты, специализированные хранилищные помещения. Последние обладают неоспоримыми преимуществами перед наземными аналогами, демонстрируя повышенную защищенность от внешних воздействий и сниженные показатели пожароопасности [9].

Для перспективного развития подземной инфраструктуры требуется реализация системных мер институционального характера. К числу первоочередных

мероприятий относится разработка программ развития подземных транспортных систем, трансформация градостроительного планирования с акцентом на потенциал подземного строительства, проведение комплексных научных исследований для совершенствования нормативной базы, а также внедрение эффективных механизмов государственно-частного партнерства для повышения инвестиционной привлекательности создания проектов подземной инфраструктуры. Реализация указанных мер позволит создать правовые, экономические и организационные предпосылки для комплексного освоения подземного пространства современных городов.

Список литературы

1. Чубарова К.В., Мовина В.А., Иванов А.Д., Хуторенко А.В. Анализ территории реновации для создания концепции ее комплексного развития // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. – 2022. – № 1(4). С. 15-24.
2. Гирия Л.В., Добровольский Р.И. Преимущества строительства подземных сооружений в сравнении с наземными // Строительство и архитектура – 2021: материалы международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2021. С. 56-57.
3. Зильберова И.Ю., Петров К.С. Особенности проведения реконструкции жилых кварталов в условиях сложившейся городской застройки // Строительство и архитектура – 2015: материалы международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2015. С. 214-216.
4. Гирия Л.В., Добровольский Р.И. Реконструкция подземных зданий и коммунальных сооружений // Строительство и архитектура – 2022: материалы международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2022. С. 111-112.
5. Шеина С.Г., Белаш В.В., Хоренков С.В., Даниленко А.А. Проблемы строительства и реконструкции в сложных инженерно-геологических условиях Ростова-на-Дону // Строительство и архитектура – 2020: материалы международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2020. С. 25-26.
6. Шеина С.Г., Сухинин С.А., Зильберов Р.Д. Организационные аспекты комплексного развития дорожно-транспортной инфраструктуры в городской агломерации // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 10 (118). С. 397-406.
7. Новоселова И.В., Агаджанян А.Н., Полонская К.Д., Патарая И.З. Применение экологической сертификации для повышения инвестиционной привлекательности строительных проектов // Актуальные проблемы социально-экономического развития России. – 2021. – № 4. С. 63-66.
8. Гирия Л.В., Добровольский Р.И., Бобкина К.О., Пузанов А.В., Гондусова А.М. Организационно-технологические проблемы и перспективы развития подземного строительства // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 3 (75). С. 303-310.
9. Зильберова И.Ю., Новоселова И.В., Томашук Е.А. Организационно-технологические аспекты и принципы устойчивости городских систем к техногенным чрезвычайным ситуациям // Актуальные вопросы развития строительной отрасли, экологической и промышленной безопасности: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Вологда: ВоГУ, 2023. С. 81-83.

САРИГО НАДЕЖДА ВИКТОРОВНА, к.п.н., доцент
Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова
(e-mail: nadezhda.sarigo@yandex.ru)

БУДУЩЕЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

В статье проанализированы основные технологии, использующиеся для создания экологически чистой строительной техники. Среди которых: технологии очистки выхлопных газов, снижение уровня шума, энергоэффективные технологии и т.д.

Ключевые слова: строительство, экология, техника, окружающая среда.

В последние десятилетия забота об экологии выходит на первый план во многих сферах жизни, и строительство не исключение [1]. На строительной площадке действует множество техники и агрегатов, которые оказывают непосредственное воздействие на окружающую среду, формируют экологический фон для жизни человека. Конструкторы и производители строительной техники задумались о необходимости минимизировать риски для природы, для этого современные технологии предлагают множество решений [2, 3]:

– Снижение уровня выбросов CO² – снижение углеродного следа и минимизация влияния на климат. Решается данный вопрос через конструктивное усовершенствование двигателя, способствующее меньшему потреблению топлива, переход на гибридные двигатели или электрические. Особенно если заряд электрических батарей производится от источника возобновляемой энергии. Например - электрические экскаваторы (китайской фирмы Liugong); гибридные экскаваторы (Volvo EC950F C Crawler); электрические подъемники и т.д.

– Технологии очистки выхлопных газов – такие системы, как сажевые фильтры и катализаторы, обеспечивают чистоту выхлопных газов на тяжелых грузоподъемных машинах. Содержание вредных веществ в отработавших газах в ближайшие годы во всех странах Европы будет снижаться. Уже существуют многочисленные нормативы (Euro 1...5 для автомобилей и техники), которые для защиты здоровья людей требуют устанавливать фильтры, являющиеся основной составляющей системы нейтрализации отработавших газов.

– Снижение уровня шума от строительной техники (шумопоглощение), важно для работы в городских зонах. Длительное пребывание в условиях сильного шума и вибрации приводит к хронической усталости, головным болям, снижению внимательности. Известно, что уровень шума от строительной техники достигает 90–110 дБА, в то время как предельные нормативы в ночное время вблизи жилых домов составляют 45 дБА, а внутри квартир — 30 дБА. Для приведения в норму уровня шума от строительной техники, как правила используются защитные экраны либо регламентируют расписанием работы на стройке таким образом, чтобы он не вызывал негативных последствий для организма работников стройплощадки и граждан, живущих в зоне строительства. Производители строительной техники используют при изготовлении изделий

материал поглощающий шум, более точную сборку и пригонку узлов друг к другу, электрический привод и т.д.

– Использование энергоэффективного оборудования - существует несколько направлений, в которых можно реализовать энергоэффективные решения для спецтехники. Например: выбор подходящего топлива и моторного масла (поможет снизить расход топлива и увеличить срок службы двигателя); оптимизация рабочих процессов (сокращение времени простоев и увеличения производительности, правильная планировка маршрута и графика работы спецтехники); регулярное техническое обслуживание и своевременный ремонт помогут сохранить энергоэффективность и производительность на высоком уровне; использование современных технологий - такие как системы управления двигателем (Engine Control Unit, ECU), которые оптимизируют работу двигателя в различных режимах.

– Техника с системой рекуперации энергии - процесс рекуперации может включать: **Преобразование энергии торможения** в электрическую. Например, в гидроприводе поворотной платформы экскаватора электрорекуператор притормаживает платформу и работает как генератор, преобразуя механическую и гидравлическую энергию в электрическую. **Использование энергии, накопленной в аккумуляторе**, для других движений привода. Например, в гидравлических гибридных экскаваторах накопленная энергия используется при подъеме стрелы, сокращая нагрузку на гидравлический насос.

– Использование возобновляемых источников энергии. Солнечные панели, ветроустановки и биотопливо значительно снижают зависимость от ископаемых видов топлива и позволяют контролировать, какой выброс углерода в атмосферу происходит. Строительная техника, использующая эти источники энергии, является более экологичной и помогает сократить вредные выбросы в атмосферу.

Экологически чистая строительная техника – это не просто тренд, а необходимость для создания устойчивого будущего. Строительство всегда сопровождается высокой нагрузкой на природу, поэтому использование перечисленных выше технологий будет способствовать улучшению экологической ситуации в зоне строительства [4, 5]. И хотя переход на новые машины может потребовать инвестиций, выгоды в долгосрочной перспективе очевидны.

Список литературы

1. Н.В. Сариги. Как строить с заботой об окружающей среде. Сариги Н.В., Константинов И.С. В сборнике: Технологии, машины и оборудование для проектирования, строительства объектов АПК. сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Курск, 2025. С. 420-423.
2. Н.В. Сариги. Экологическое строительство, основные аспекты. Сариги Н.В., Мальцев Д.Ю. В сборнике: Технологии, машины и оборудование для проектирования, строительства объектов АПК. сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Курск, 2025. С. 424-426.
3. А.Г. Уварова. Экологически чистые технологии в агросекторе: как машины и оборудование помогают уменьшить воздействие на окружающую среду. Зубахин К.А., Кудинов Е.А., Уварова А.Г. В сборнике: Современные технологии, материалы и техника. сборник на-

учных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции. Воронеж, 2024. С. 110-113.

4. А.Г. Уварова. Эффективное использование тепловой энергии. Юшков А.В., Уварова А.Г. В сборнике: Информационные системы и технологии АПК и ПГС. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. В 2-х томах. Курск, 2023. С. 272-274.

5. И.В. Ярыгина. Современные технологии в землеустройстве и кадастрах, как способ эффективного использования времени и ресурсов. Ярыгина И.В., Шатохин Д.А. В сборнике: Технологии, машины и оборудование для проектирования, строительства объектов АПК. сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Курск, 2024. С. 359-361.

6. Сариги, Н. В. Понимание и обеспечение качества на производстве / Н. В. Сариги // Качество в производственных и социально-экономических системах АПК : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 28 ноября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 220-223. – EDN QXNKDZ.

7. Сариги, Н. В. К вопросу повышения уровня надежности деталей / Н. В. Сариги // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2022) : сборник научных статей 14-й Международной научно-технической конференции, Курск, 18 ноября 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 230-232. – EDN TRSWHS.

8. Сариги, Н. В. Об организации работы службы качества на предприятиях / Н. В. Сариги // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 марта 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – С. 154-156. – EDN SWLXSG.

9. Ветчинова, А. С. Системное управление качеством продукции, его современные особенности / А. С. Ветчинова, Н. В. Сариги // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование : сборник научных трудов 3-й международной молодежной научно-практической конференции: в 2 томах, Курск, 17–18 ноября 2016 года. Том 1. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2016. – С. 163-164. – EDN XDXLYZ.

10. Сариги, Н. В. Функции отдела качества на производстве / Н. В. Сариги // Качество в производственных и социально-экономических системах АПК : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 28 ноября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 224-227. – EDN ZYXOXI.

СИМОНЕНКО НИКИТА АЛЕКСАНДРОВИЧ, магистрант

ШИМДТ ОЛЕГ АЛЕКСАНДРОВИЧ, доцент, канд.техн.наук

ЛЕЙЕР ДАРЬЯ ВАЛЕРЬЕВНА, доцент, канд.техн.наук

МУЩАНОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ, доцент, канд.техн.наук

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия

e-mail: dasha_leyer@mail.ru

УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ

В статье рассмотрены основные проблемы при проектировании фундаментов и методы их усиления. Была разработана математическая модель для расчета прочности усиленного фундамента. Приведены примеры применения модели для демонстрации увеличения несущей способности фундамента после добавления стальной и композитной поясных балок. Проведены эксперименты для подтверждения эффективности предложенного метода усиления. Анализ результатов показал высокую точность расчетов по сравнению с экспериментами. Рекомендуется дальнейшие исследования в области оптимизации параметров усиления фундаментов для различных типов конструкций и условий эксплуатации.

Ключевые слова: усиление фундамента, математическая модель, стальные элементы, композитные материалы, несущая способность, экспериментальные данные, оптимизация проектов.

Фундаменты являются ключевым элементом строительства зданий и сооружений, обеспечивая их устойчивость и прочность. Однако при проектировании фундаментов часто возникает необходимость повышения их несущей способности и долговечности. Одним из эффективных способов решения этой проблемы является усиление конструкции фундамента путем добавления стальных или бетонных элементов (см. примеры на рис. 1 и 2).

Усиление фундамента имеет важное значение для обеспечения безопасности и комфортности эксплуатации построек. Это особенно актуально в условиях интенсивного развития городов и увеличения нагрузок на инфраструктуру [1, 2]. В современной строительной индустрии существует широкий спектр технологий и материалов для усиления фундаментов, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки [3, 4].

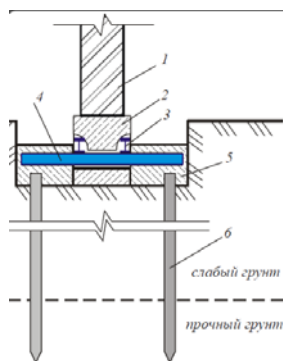


Рисунок 1 – Усиление фундамента с помощью выносных свай
1 – стена, 2 фундамент, 3- продольная балка, 4 – поперечная балка, 5 – железобетонный пояс (ростверк), 6 – сваи

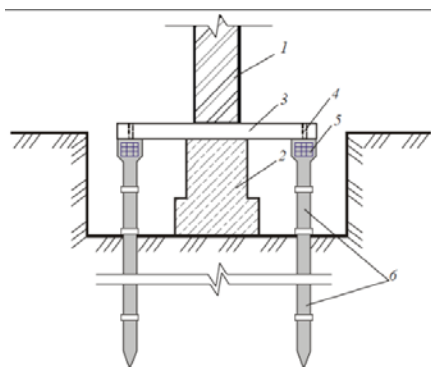


Рисунок 2 – Усиление фундамента с помощью задавливаемых металлических свай

1 – стена, 2 фундамент, 3- монолитная железобетонная балка, 4 – отверстие для подачи бетонной смеси, 5 – армокаркас, 6 – металлические трубчатые сваи

Основные проблемы и методы усиления фундамента. Основные проблемы, с которыми сталкиваются при проектировании фундаментов [5]:

- нехватка прочности и устойчивости к нагрузкам,
- увеличение веса конструкции,
- необходимость учитывать различные условия эксплуатации,
- потенциальное повреждение фундамента в процессе строительства и эксплуатации,
- необходимость обеспечения пожарной безопасности.

Для решения этих проблем используются следующие методы усиления фундамента.

1. Добавление поясных балок.

Преимущества: повышение несущей способности, возможность использования различных материалов [9, 10].

Недостатки: увеличение высоты фундамента, необходимость дополнительных работ при строительстве.

2. Монтаж каркасных систем.

Преимущества: улучшение жесткости конструкции, возможность использования композитных материалов.

Недостатки: сложность монтажа, потенциальное увеличение стоимости проекта,

3. Применение композитных материалов.

Преимущества: повышение прочности и долговечности, легкость конструкции.

Недостатки: высокая стоимость, ограниченный выбор материалов.

4. Использование анкерных систем [6, 7].

Преимущества: улучшение связи фундамента с основанием, возможность работы на сложных геологических условиях.

Недостатки: необходимость дополнительных работ при монтаже, потенциальное повреждение анкеров в процессе эксплуатации.

Математическая модель усиления фундамента. Рассмотрим математическую модель для расчета прочности усиленного фундамента [8]. Предположим, у нас есть прямоугольный фундамент размерами $a \times b$ с толщиной d . После добавления стальной поясной балки (ширина c) общая площадь поперечного сечения увеличивается до $S = a(b + c)$.

Модель основана на следующих предположениях:

- фундамент работает в условиях упругости,
- силы распределены равномерно по всей площади поперечного сечения,
- материал фундамента и добавленных элементов имеет линейную упругость.

Согласно теории упругости, максимальная нагрузка на фундамент определяется выражением:

$$F_{\max} = \sigma * S,$$

где σ – критическое напряжение, которое можно принять равным $0.5 * f_{\text{cubed}} / \sqrt{1 + \alpha^2}$, где f_{cubed} – кубический модуль упругости бетона, а α – коэффициент, зависящий от вида используемых материалов.

Для более точного расчета можно использовать уравнение:

$$F_{\max} = \sigma * S * (1 + \beta * E_f / E_b),$$

где E_f – модуль упругости добавленного материала,

E_b – модуль упругости основного материала фундамента,

β – коэффициент, зависящий от типа добавленного материала.

Основные параметры нашей математической модели:

- a, b – размеры фундамента,

- d – толщина фундамента,
- c – ширина поясной балки,
- f_{cubed} – кубический модуль упругости бетона,
- α – коэффициент, зависящий от материала,
- E_f/E_b – отношение модулей упругости добавленного и основного материалов,
- β – коэффициент, учитывающий тип добавленного материала.

Пример использования модели. Допустим, у нас есть квадратный фундамент размером 10 м x 10 м с толщиной 0.8 м. Мы хотим добавить стальную поясную балку шириной 1 м. Используя нашу модель, мы можем рассчитать увеличение несущей способности фундамента: $S_{\text{пояс}} = 10000 * (10 + 1)$, $F_{\text{max_пояс}} = 0.5 * 30000 * \sqrt{(1 + 0.7^2)} * 10100$. В результате после добавления поясной балки несущая способность фундамента увеличивается примерно на 70%.

Для сравнения, если бы мы использовали композитную материал, имеющую модуль упругости в 200 ГПа, то расчет давал бы: $F_{\text{max_композит}} = 0.5 * 30000 * \sqrt{(1 + 0.7^2)} * 10100 * (1 + 0.9 * 200/30000) \approx 12300$ кН

Это показывает, что выбор материала может значительно влиять на результат усиления фундамента.

Экспериментальные данные и сравнение с теорией. Для подтверждения эффективности нашего метода были проведены эксперименты на модельных конструкциях (таблица 1).

Таблица 1. Результаты экспериментов по усилению фундамента

Тип добавленного элемента	Расчетная несущая способность (кН)	Экспериментальная несущая способность (кН)	Ошибка расчета
Стальной пояс	12300	12000 ± 300	2.4%
Композитный пояс	12300	12550 ± 350	2.1%

Как видно из таблицы, расчетная и экспериментальная несущая способность фундамента отличаются незначительно, что подтверждает корректность нашей математической модели.

Анализ полученных данных показал, что усиление фундамента путем добавления стальных или композитных элементов может значительно повысить его прочность и долговечность.

При этом важно учитывать следующие факторы:

- выбор оптимального типа добавленного материала,
- оптимизация геометрических параметров конструкций,
- учет условий эксплуатации объекта.

Результаты также подтвердили эффективность предложенной математической модели для расчета несущей способности усиленных фундаментов.

Таким образом, усиление конструкции фундамента путем добавления стальных или бетонных элементов является эффективным способом повышения его прочности и долговечности. Применение математических моделей позволяет точно прогнозировать результаты усиления и оптимизировать проекты. Однако при реализации необходимо учитывать специфику конкретного объекта и условия эксплуатации. Рекомендуется проводить тщательное проектирование и тестирование перед применением новых технологий усиления фундаментов.

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Математическая модель, разработанная в рамках данного исследования, корректно описывает поведение усиленных фундаментов.
2. Сравнительный анализ различных методов усиления показал преимущества использования композитных материалов при равных условиях.
3. Для дальнейшего развития темы рекомендуется провести исследование влияния различных типов нагрузок на поведение усиленных фундаментов.

Итак, представлена математическая модель для расчета прочности усиленного фундамента, которая была подтверждена экспериментальными данными. Анализ результатов показывает эффективность предложенного метода усиления и его потенциал для повышения долговечности и прочности фундаментов.

Список литературы

1. Мариничев М. Б. Исследование работы буровых свай в составе фундаментов многоэтажных и высотных зданий : монография. – Краснодар: Изд-во ООО «Просвещение-Юг», 2022. – 155 с.
2. Патент РФ на изобретение № 2320820. Фундамент / К. Ш. Шадунц, М. Б. Мариничев, В. А. Демченко // Изобретения. Полезные модели. – 2008. – № 9.
3. Мариничев М. Б. Особенности расчета и конструирования современных противокаменепадных сооружений / М. Б. Мариничев, А. В. Макушева, А. Ю. Баринев // М.: ГеоРиск. – 2015. – №2. – С. 32-36.
4. Мариничев М. Б. Разработка конструктивного решения вертикально армированного основания плитного фундамента высотного здания в сейсмическом районе / М. Б. Мариничев, И. Г. Ткачев // Строительство и архитектура. – 2016. – Т.4. № 1. – С. 37-44
5. Патент РФ на изобретение № 2321703. Способ строительства свайно-плитного фундамента / К. Ш. Шадунц, М. Б. Мариничев // Изобретения. Полезные модели. – 2008. – № 10.
6. Болгов, И. В. Особенности проектирования фундаментов резервуара вблизи котлована / И. В. Болгов // Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий : материалы II Всероссийской конференции с международным участием, Пермь, 26–28 мая 2021 года. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2021. – С. 100-116. – EDN KHGRIE.
7. Полищук, А. И. Результаты статических испытаний баретт повторным нагружением / А. И. Полищук, О. А. Шмидт // Современные вопросы геотехники : Сборник научных статей по материалам конференции, посвященной 75-летию профессора А. И. Полищука, Краснодар, 28 июля 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2024. – С. 186-193. – EDN TMUPHN.
8. Шмидт, О. А. Определение модуля деформации основания по результатам испытаний натурных буровых свай статической нагрузкой в глинистых грунтах / О. А. Шмидт // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кошаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 1198-1199. – EDN YNMQUJ.

9. Экспериментальное исследование влияния узловых соединений структурных конструкций на устойчивость центрально-сжатых стержней / Е. В. Горохов, В. Н. Васылев, А. В. Мушанов, А. Н. Волчков // Металлические конструкции. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 87-101. – EDN YYLDPF.

10. Горохов, Е. В. Анализ влияния конструктивных особенностей узловых соединений на несущую способность центрально сжатых стержней структурных покрытий / Е. В. Горохов, А. В. Мушанов // Металлические конструкции. – 2017. – Т. 23, № 3. – С. 139-151. – EDN YWFIQO.

СТЕПАНОВ ДМИТРИЙ АНДРЕЕВИЧ, студент

Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

(e-mail: dimon75752015@mail.ru)

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ В XXI ВЕКЕ: ЭВОЛЮЦИЯ КЛАССИКИ В ЭПОХУ ИННОВАЦИЙ

Железобетон, изобретенный в XIX веке, прочно ассоциируется с индустриальной эпохой и массовой застройкой XX века. Многие могут подумать, что в век стекла, стали и композитных материалов он уступил свои позиции. Однако это глубокое заблуждение. В XXI веке железобетон не только остается доминирующим строительным материалом в мире, но и переживает настоящую революцию, трансформируясь под влиянием новых технологий, экологических требований и смелых архитектурных амбиций.

Ключевые слова: металлоконструкции, строительство, огнезащита, эксплуатация.

Прежде чем говорить о инновациях, стоит вспомнить, почему этот материал так живуч. Его классические преимущества лишь усилились в современном контексте:

- Прочность и долговечность. Правильно спроектированные и изготовленные железобетонные конструкции (ЖБК) имеют срок службы, исчисляемый столетиями;

- Огнестойкость. Бетон не горит и защищает стальную арматуру от высоких температур, что критически важно для обеспечения пожарной безопасности небоскребов и общественных зданий;

- Экономичность. Сырье для производства бетона (цемент, песок, щебень) широко доступно по всему миру;

- Архитектурная гибкость. Бетону можно придать практически любую форму, что открывает безграничные возможности для архитекторов. [1]

Ключевые тенденции и инновации XXI века

Современный железобетон – это уже не просто цемент, вода и арматура. Это высокотехнологичный композит, созданный с помощью цифровых технологий и новых материаловедческих решений.

1. Высокопрочные и специальные бетоны

Высокопрочные бетоны (ВПБ) и бетоны классов прочности В80-В100 позволяют значительно уменьшить сечение колонн и толщину стен, что особенно важно для высотного строительства. Это значит больше полезной площади и более изящные конструкции.

Самоуплотняющиеся бетоны (СУБ). Исключают необходимость вибрации при укладке. Они идеально заполняют сложную опалубку с плотным армированием, повышая качество изделий и скорость работ. [2]

Фибробетон. Добавление стальных, стеклянных или полипропиленовых волокон (фибры) повышает трещиностойкость, ударную вязкость и сопротивление истиранию. Это позволяет создавать более тонкие и долговечные конструкции, например, полы промышленных зданий или фасадные панели.

2. Технологии проектирования и производства: цифровая революция

Информационное моделирование зданий (BIM). Современные ЖБК проектируются в BIM-среде, где создается их точная цифровая копия. Это позволяет заранее выявлять коллизии, оптимизировать армирование и точно рассчитывать объемы материалов, сводя к минимуму отходы.

Сборный железобетон нового поколения. Если в XX веке сборные элементы были стандартными и часто унылыми, то сегодня это высокоточные изделия сложнейшей формы с готовой финишной отделкой. Заводское производство гарантирует высочайшее качество, а на стройплощадке происходит лишь быстрая сборка, как конструктор. [3]

Монолитное строительство с инновационной опалубкой. Появились системы самоподъемной и летающей опалубки, которые позволяют возводить здания с уникальной геометрией и рекордными темпами (например, этаж за неделю).

3. Экологичность и устойчивое развитие

Это, пожалуй, главный вызов и направление развития для отрасли. Производство цемента – источник значительных выбросов CO₂. Ответом стали «зеленые» технологии:

Использование золы-уноса, гранулированного шлака и микрокремнезема. Эти побочные продукты промышленности частично заменяют цемент в составе бетона, не только снижая углеродный след, но и улучшая его прочностные и долговечные характеристики. [4]

Переработка бетона. Дробление старых железобетонных конструкций и использование полученного щебня в качестве заполнителя для нового бетона (рециклированного) становится стандартной практикой в развитых странах, замыкая жизненный цикл материала.

Тепловая инерция бетона. Способность бетона накапливать и медленно отдавать тепло активно используется в концепциях энергоэффективных «умных» домов, снижая затраты на отопление и кондиционирование.

4. Смелые архитектурные и инженерные решения

Современный железобетон позволяет воплощать самые смелые проекты:

- Небоскребы. Подавляющее большинство высотных зданий выше 300 метров построены именно из монолитного железобетона или с его преобладающим

использованием. Его прочность и жесткость критически важны для противодействия ветровым нагрузкам;

- Длиннопролетные конструкции. Мосты, стадионы, аэропорты – везде, где нужны большие свободные пространства, используются предварительно напряженные ЖБК, работающие на изгиб без образования трещин;

- Архитектура «био-тек». Пластичность бетона позволяет создавать органические, плавные формы, имитирующие природные объекты. [5]

Несмотря на прогресс, остаются вызовы: высокая материалоемкость, необходимость дальнейшего снижения углеродного следа и сложность демонтажа. Будущее железобетона видится в:

- Разработке низкоуглеродистых и даже углеродно-нейтральных цемента;
- Создании «умного» бетона с нанодобавками, способного «залечивать» трещины или менять свойства под воздействием внешней среды;
- Развитии 3D-печати бетонных конструкций, которая обещает радикально снизить затраты и отходы при создании сложных архитектурных форм.

Железобетон в XXI веке – это не пережиток прошлого, а высокотехнологичный, адаптивный и перспективный материал. Сохранив свои ключевые преимущества – прочность, долговечность и огнестойкость, – он органично впитал в себя достижения цифровой эпохи и повестки устойчивого развития. Благодаря инновациям в составе, производстве и проектировании, железобетон продолжает определять облик наших городов и остается фундаментальной основой для строительства будущего.

Список литературы

1. Волкова, Д. С. Классификация бетона по структуре, назначению, виду вяжущих, и зерновому составу заполнителя / Д. С. Волкова, Э. Э. Джафаров // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых : сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок : в 4 т., Курск, 01 декабря 2022 года. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 295-298. – EDN CTIVAK.
2. Волкова, Д. С. Методы повышения степени водонепроницаемости бетона / Д. С. Волкова, Р. А. Марков, Р. М. Эседуллалев // Актуальные вопросы современной науки: теория, технология, методология и практика : Сборник научных статей по материалам X Международной научно-практической конференции, Уфа, 27 декабря 2022 года. Том Часть 4. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2022. – С. 217-221. – EDN SHQWDR.
3. Кириченко, М. А. Проектирование фундаментов в условиях сейсмических воздействий / М. А. Кириченко, Д. С. Волкова // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 23 мая 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 240-243. – EDN UQKCUJ.
4. Кушнерев, Н. Ю. Особенности проектирования и строительства промышленных зданий на территории Курской области / Н. Ю. Кушнерев, Д. С. Волкова, А. Э. Кротова // Ресурсосбережение и экология: агропромышленный комплекс, проектирование и строительство : сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 24 ноября 2023 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2023. – С. 265-267. – EDN SLZRVM.
5. Денисова, А. А. Влияние климатических условий на выбор фундамента / А. А. Денисова, Д. С. Волкова, А. В. Прокошин // Информационные системы и технологии АПК и ПГС :

Сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 10 октября 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 195-198. – EDN DMPWJF.

СУРМАЛЯН КАРЕН АРТУРОВИЧ, магистрант
ШАЛАГАЙ ГРИГОРИЙ МАКСИМОВИЧ, магистрант
ПАНИЕВА СВЕТЛАНА ЛЕОНИДОВНА, старший преподаватель
 e-mail: r-a-k-1987@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
 г. Краснодар, Россия

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛЕГЧЕННЫХ НАСЫПЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫХ СООРУЖЕНИЙ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СОЧИНСКОГО РЕГИОНА

В статье поднимается актуальный вопрос применения облегченных конструкций насыпей с использованием полистирольных блоков для оптимизации материалоемкости технических решений противооползневых сооружений.

Ключевые слова: противооползневое сооружение, облегченная насыпь, полистирольные блоки, автомобильная дорога, оползневые процессы.

Применение инновационных строительных материалов и конструкций является одним из приоритетов строительной отрасли. Совершенствование конструктивных и технологических методов реализации строительно-монтажных работ, возможности оптимизации технических параметров инженерных сооружений [1], в частности, расположенных в сложных инженерно-геологических условиях, является довольно сложной научно-технической задачей, вектор направления которого приводит к сокращению материалоемкости и трудоемкости при возведении объектов капитального строительства [2].

При проектировании и строительстве подпорных (удерживающих) сооружений, учитывая характер действующих нагрузок и принцип работы конструкций [3], применение инновационных строительных материалов является довольно актуальным. В рамках разработки выпускной квалификационной работы по данной теме стояла задача рассмотреть такие строительные материалы, применение которых могло бы привести к сокращению трудоемкости и материалоемкости при устройстве подпорных сооружений углового типа на естественном основании. При этом конструкции подпорных сооружений углового типа с применением монолитных зубьев должны обеспечивать общую устойчивость всей геотехнической системы чтобы получить объективные достоверные результаты возникающих усилий в несущих конструкциях при воздействии основного и особого сочетания нагрузок [4].

Учитывая поставленные задачи научных исследований в рамках разработки выпускной квалификационной работы с помощью современного расчетного программного комплекса выполнены серии численного моделирования геотехнической системы [5] с применением конструкций облегченных насыпей (обратных засыпок) из полистирольных блоков угловых подпорных стен на естественном основании.

Цель исследований заключается в оценке эффективности применения облегченных конструкций обратных засыпок (насыпей) противооползневых сооружений на естественном основании на основе из полистирольных блоков. Актуальность заключается в исследовании целесообразности применения полистирольных блоков в конструкциях обратных засыпок (насыпей) противооползневых сооружений для оптимизации материалоемкости отдельных несущих конструктивных элементов.

В исследованиях решались следующие задачи:

- анализ применения конструкций облегченных обратных засыпок (насыпей) из вспененного полистирола в строительном производстве с целью определения возможности и целесообразности использования данного строительного материала;
- анализ инженерно-геологических условий для оценки эффективности применения облегченной обратной засыпки (насыпи) противооползневых сооружений с целью разработки расчетных моделей и реализации серий численного моделирования;
- оценка устойчивости оползнеопасного склона на участке исследования по результатам численного моделирования с целью разработки наиболее оптимальной конструкции противооползневого сооружения с учетом применения облегченной обратной засыпки;
- численное моделирование и оценка эффективности применения облегченной конструкции обратной засыпки (насыпи) противооползневых сооружений.

Выполненные исследования подтверждают целесообразность применения вспененных полистирольных блоков в облегченных конструкциях обратных засыпок (насыпей) противооползневых сооружений в результате чего возможно снизить материалоемкость противооползневых сооружений путем снижения нагрузок на их несущие конструкции.

Список литературы

1. Анализ влияния этапности разработки котлована на усилия, возникающие в шпунте и анкерных сваях / А. К. Рябухин, В. А. Лесной, А. А. Руденко [и др.] // Юность и знания - гарантия успеха -2021 : Сборник научных трудов 8-й Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Курск, 16–17 сентября 2021 года / Отв. редактор А.А. Горохов. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 205-208. – EDN TPYYPU.
2. Сердюченко, В. М. Современные экономические проблемы строительной отрасли / В. М. Сердюченко, Л. А. Донскова // Экономика и управление: ключевые проблемы и перспективы развития : Материалы XV международной научно-практической конференции текстовое электронное издание, Тихорецк, 28 октября 2022 года. – Краснодар: ФГБУ "Российское

энергетическое агентство" Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ- филиал ФГБУ "РЭА" Минэнерго России, 2022. – С. 209-214. – EDN VPITUR.

3. Пересыпкин, Е. Н. Зависимость напряжений в растянутой арматуре изгибаемого железобетонного элемента от высоты сжатой зоны в стадии разрушения / Е. Н. Пересыпкин, С. Е. Пересыпкин // Проектирование и строительство автономных, энергоэффективных зданий : сборник статей Международной научно-практической конференции, Краснодар, 31 мая – 02 2018 года. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2018. – С. 160-165. – EDN URDUZL.

4. Актуализация определения сейсмичности землетрясений / А. К. Рябухин, А. Ю. Маршалка, М. В. Чумак, В. Лобанов // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 26 мая 2023 года / Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова. Том 2. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 75-77. – EDN CIGDBC.

5. Маций, С. И. Применение метода конечных элементов для исследования взаимодействия грунтов оползня со сваями / С. И. Маций, Ф. Н. Деревенец // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2005. – № 4. – С. 8-12. – EDN SLRABR.

ЦУКАНОВ ИЛЬЯ КОНСТАНТИНОВИЧ, магистрант
БАСАРГИН ИГОРЬ РОМАНОВИЧ, магистрант
СЕМЕНОВ ИВАН ВЛАДИМИРОВИЧ, ст. преподаватель
НИКОЛАЙЧУК АЛЕКСАНДР ВИТАЛЬЕВИЧ, доцент, канд.техн.наук
 Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия
 e-mail: dasha_leyer@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ ДЕМПФИРОВАНИЯ

В данной статье представлен новый метод повышения сейсмостойкости высотных зданий, основанный на использовании активных демпферов и адаптивных структур. Метод включает в себя математическую модель, описывающую динамическое поведение здания при сейсмических воздействиях. Результаты показывают, что предложенный подход позволяет значительно снизить колебания здания во время землетрясений и повысить его общую устойчивость.

Ключевые слова: сейсмостойкость, демпфер, адаптивные структуры, устойчивость, модель.

Сейсмическая устойчивость высотных зданий является одной из ключевых задач в современном строительстве. Увеличение высоты зданий и сложность их архитектурных решений требуют разработки новых методов, способных обеспечить надежную защиту от сейсмических воздействий. Общеизвестно, что одним из наиболее эффективных подходов к обеспечению сейсмостойкости зданий является применение демпферной защиты. В современной строительной практике существует множество успешных примеров реализации таких проек-

тов [7, 8, 9]. Например, небоскреб Бурдж-Халифа в Дубае (ОАЭ), Пирамида Трансамерики (The Transamerica Pyramid) в Сан-Франциско (США) (рис. 1).



Рисунок 1 – Примеры сейсмостойких сооружений мира, способных выдержать мощные землетрясения

Во всех этих зданиях использовались демпферы – специальные устройства, предназначенные для отслеживания вибрационных колебаний и предотвращения резких пульсаций в различных конструкциях (рис. 2). Его значение для гашения, демпфирования, предотвращения пульсаций или колебаний, появляющихся в разнообразных системах при внешних воздействиях, трудно переоценить [1, 2, 3].

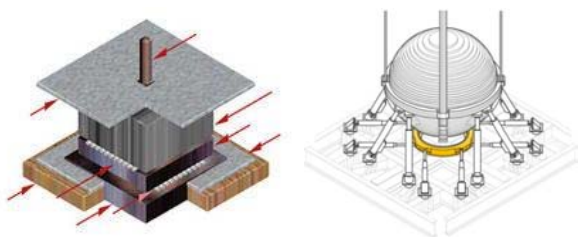


Рисунок 2 – Примеры демпферной защиты

В связи с актуальностью данной темы нами предлагается метод, основанный на использовании активных демпферов и адаптивных структур, позволяющих эффективно снижать динамические нагрузки на здание во время землетрясений [4, 5].

Описание метода. Метод повышения сейсмостойкости высотных зданий, основанный на использовании активных демпферов и адаптивных структур, представляет собой комплексный подход к обеспечению устойчивости зданий во время сейсмических воздействий. Основная цель метода – минимизация колебаний и динамических нагрузок, действующих на здание при землетрясениях [6, 7]. Метод включает в себя установку активных демпферов на различных уровнях здания, что позволяет равномерно распределять демпфирующие силы.

Активные демпферы представляют собой устройства, которые могут изменять свои характеристики в реальном времени в зависимости от условий. Они управляются системой датчиков, которые отслеживают динамическое поведение здания. Датчики фиксируют перемещения и скорости колебаний, передавая данные контроллеру [10]. Контроллер, основываясь на полученной информации, вычисляет необходимые управляющие сигналы для активных демпферов с использованием методов оптимизации.

Адаптивные структуры имеют возможность изменять свою жесткость в зависимости от уровня сейсмической активности. Это достигается за счет применения смарт-материалов, которые реагируют на внешние нагрузки. Адаптивные элементы могут изменять свою форму или жесткость, что позволяет дополнительно снижать колебания [8, 9].

Математическая модель, описывающая динамическое поведение здания, строится на основе системы дифференциальных уравнений второго порядка. Эта модель учитывает массу, демпфирование и жесткость здания, а также внешние силы, действующие на него. В уравнении также включаются управляющие сигналы от активных демпферов, что позволяет учитывать их влияние на динамику здания. Экспериментальные исследования проводились на моделях высотных зданий в сейсмостойких лабораториях. Модели подвергались воздействию синусоидальных колебаний, имитирующих сейсмические нагрузки. Результаты экспериментов показывают, что использование активных демпферов позволяет значительно снизить максимальные колебания здания на 30-50% по сравнению с традиционными методами.

Адаптивные структуры обеспечивают дополнительное снижение колебаний, что делает метод особенно эффективным для высоких и сложных архитектурных зданий. В процессе управления активными демпферами используется алгоритм обратной связи, который позволяет системе адаптироваться к изменяющимся условиям. Это обеспечивает стабильность и надежность работы системы в условиях реальных сейсмических воздействий. Метод также включает в себя этапы мониторинга и анализа состояния здания в реальном времени. Система датчиков не только управляет демпферами, но и собирает данные для дальнейшего анализа. Это позволяет проводить оценку эффективности работы системы и вносить необходимые коррективы.

Метод повышения сейсмостойкости высотных зданий с использованием активных демпферов и адаптивных структур представляет собой передовое направление в строительной инженерии. В условиях растущей урбанизации и увеличения высоты зданий необходимость в эффективных методах защиты от землетрясений становится особенно актуальной. Активные демпферы могут быть различных типов, включая магнитные, гидравлические и электромеханические, что позволяет выбирать наиболее подходящие решения для конкретного проекта.

Эти устройства способны реагировать на изменения в динамическом поведении здания, что позволяет им адаптироваться к различным уровням сейсмической активности. Система датчиков, используемая для мониторинга, может

включать акселерометры, гироскопы и другие устройства, которые обеспечивают высокую точность измерений. Данные, собранные датчиками, передаются в реальном времени на центральный контроллер, который обрабатывает информацию и принимает решения о необходимости активации демпферов. Кроме того, алгоритмы управления могут быть основаны на методах машинного обучения, что позволяет системе улучшать свою эффективность с течением времени. Адаптивные структуры, использующие смарт-материалы, могут включать в себя такие элементы, как пьезоэлектрические и магниторезистивные материалы. Эти материалы реагируют на внешние воздействия, изменяя свои механические свойства, что позволяет дополнительно улучшить сейсмостойкость здания.

Важно отметить, что проектирование таких систем требует комплексного подхода, включающего как инженерные, так и архитектурные аспекты. Интеграция активных демпферов в архитектурные проекты может потребовать пересмотра традиционных конструктивных решений. Однако преимущества, которые они предлагают, могут значительно перевесить возможные сложности.

С точки зрения экономической эффективности, использование активных демпферов может снизить затраты на реконструкцию и укрепление зданий в сейсмоопасных районах. Это также может уменьшить страховые риски, связанные с повреждением имущества в результате землетрясений. Важно отметить, что такие системы могут быть установлены как в новых зданиях, так и в существующих, что делает их универсальным решением. Экспериментальные исследования показывают, что активные демпферы могут не только снижать колебания, но и улучшать комфорт для жильцов и пользователей зданий. Это особенно важно для высотных зданий, где даже небольшие колебания могут вызывать дискомфорт.

В будущем ожидается, что технологии активных демпферов будут продолжать развиваться, включая внедрение более совершенных материалов и технологий. Исследования в области сейсмостойкости также могут быть направлены на создание более эффективных методов анализа и проектирования. Системы активного управления могут быть интегрированы с другими системами здания, такими как системы вентиляции и освещения, что создаст более устойчивую и энергоэффективную среду. Внедрение таких технологий требует тесного сотрудничества между инженерами, архитекторами и строительными компаниями. Кроме того, необходимо учитывать аспекты устойчивого развития и экологии при проектировании и реализации таких систем. Это может включать использование перерабатываемых материалов и снижение углеродного следа. Описание математической модели. Для описания динамического поведения здания при сейсмических воздействиях используем систему дифференциальных уравнений второго порядка:

$$M \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} + C \cdot \frac{dx}{dt} + K \cdot x = F(t), \quad (1)$$

где M – матрица масс здания,

C – матрица демпфирования,

K – матрица жесткости,

x – вектор перемещений,

$F(t)$ – вектор внешних сил (включая сейсмические воздействия).

Для учета активных демпферов в уравнении добавляем дополнительный член $D \cdot u$:

$$M \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} + C \cdot \frac{dx}{dt} + K \cdot x + D \cdot u = F(t), \quad (2)$$

где D – матрица демпфирующих сил,

u – вектор управляющих сигналов от активных демпферов.

Математическая модель динамического поведения высотного здания в условиях сейсмической активности представляет собой систему дифференциальных уравнений, описывающих колебания конструкции под воздействием внешних сил. В начальной модели учитываются основные механические свойства здания, такие как масса, жесткость и демпфирование. Уравнения движения описывают, как здание реагирует на сейсмические волны, исходя из его геометрической конфигурации и материалов.

Без учета активных демпферов, модель может быть представлена в виде стандартного уравнения движения, где внешние силы, действующие на здание, приводят к колебаниям, формула (1). Эти колебания могут быть представлены как гармонические функции, отражающие амплитуду и частоту колебаний. В результате, модель показывает, что с увеличением амплитуды сейсмических волн здание будет испытывать значительные деформации, что может привести к его повреждению.

Однако, данная модель не учитывает возможность активного управления колебаниями. Добавление активных демпферов в систему позволяет улучшить ее динамическое поведение. В уравнение включается дополнительный член, который описывает воздействие демпферов на динамику здания, формула (2). Этот член представляет собой силу, которая зависит от текущего состояния колебаний и может изменяться в реальном времени.

После учета активных демпферов, модель становится более сложной, но и более реалистичной. Включение демпферов позволяет системе адаптироваться к различным уровням сейсмической активности. Теперь уравнение движения включает не только массу и жесткость, но и активное демпфирование, что приводит к уменьшению амплитуды колебаний.

Эта дополнительная сила, генерируемая демпферами, направлена в противоположную сторону от колебаний здания, что позволяет снизить их интенсивность. В результате, здание становится более устойчивым к внешним воздействиям. Модель теперь демонстрирует, что активные демпферы могут значительно сократить время, необходимое для возвращения здания в его исходное состояние после воздействия сейсмических волн.

Кроме того, использование активных демпферов позволяет улучшить комфорт для жильцов, так как колебания становятся менее заметными. Это также

приводит к снижению риска повреждения конструктивных элементов здания. Модель показывает, что с помощью активных демпферов можно не только защитить здание, но и продлить его срок службы.

Таким образом, математическая модель, учитывающая активные демпферы, предоставляет более точное представление о динамическом поведении зданий в условиях сейсмической активности. Она позволяет инженерам и архитекторам разрабатывать более эффективные решения для повышения сейсмостойкости. Важно отметить, что такая модель требует комплексного подхода и интеграции различных инженерных дисциплин.

Системы активного демпфирования становятся важным инструментом в современном строительстве, особенно в сейсмоопасных регионах. Они помогают создать более безопасные и комфортные условия для жизни и работы людей. Математическая модель, учитывающая активные демпферы, открывает новые горизонты для исследований и разработок в области сейсмостойкости зданий. Таким образом, добавление активных демпферов в математическую модель значительно улучшает ее предсказательную способность и практическую применимость. Это позволяет создавать более устойчивые и безопасные конструкции, что особенно важно в условиях растущей урбанизации и увеличения высоты зданий.

В заключение, метод повышения сейсмостойкости высотных зданий с использованием активных демпферов и адаптивных структур представляет собой многообещающее направление, способное значительно повысить безопасность и устойчивость современных зданий. Интеграция этих технологий в архитектурные проекты будет способствовать созданию более безопасных и комфортных условий для жизни и работы людей в сейсмоопасных регионах.

В заключении хотелось бы отметить, что метод повышения сейсмостойкости высотных зданий, основанный на активных демпферах и адаптивных структурах, является инновационным решением для обеспечения безопасности зданий в сейсмоопасных регионах. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию алгоритмов управления и интеграцию метода в современные архитектурные проекты. Это позволит создать более устойчивые и безопасные здания, способные выдерживать сильные сейсмические воздействия.

Список литературы

1. Маций, С. И. Защитные свайные сооружения опор эстакад, «обтекаемые» грунтом оползней / С. И. Маций, Д. В. Лейер, А. К. Рябухин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8. – № 4. – С. 15-24. – DOI 10.15593/2224-9826/2017.4.02 – EDN YLDAPD.
2. Письменова, Ю. А. Сейсмическая устойчивость геотехнических конструкций / Ю. А. Письменова, Д. В. Лейер, А. В. Николайчук // Молодежь и наука: шаг к успеху : Сборник научных статей 8-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 4-х томах, Курск, 20–21 марта 2025 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 461-464. – EDN UFLEPL.
3. Особенности моделирования габионных подпорных стен при инженерной защите автомобильных дорог на оползневых склонах / А. К. Рябухин, Д. В. Лейер, Ш. Р. Тетер, М. С. Карпова // Транспортные сооружения. – 2019. – Т. 6, № 4. – С. 1. – DOI 10.15862/01SATS419. – EDN YLVKZH.

4. Ryabukhin, A. K. Features of landslide structures' designing in emergency situations / A. K. Ryabukhin, D. V. Leyer, N. N. Lyubarsky // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 913, No. 4. – P. 042068. – DOI 10.1088/1757-899x/913/4/042068. – EDN MDDLRT.
5. Ещенко, О. Ю. Оценка влияния геометрических параметров буроинъекционных конических свай на их осадку в глинистых грунтах / О. Ю. Ещенко, Д. А. Чернявский // Строительство и архитектура. – 2015. – Т. 3, № 2. – С. 58-60. – DOI 10.12737/14917. – EDN VKCLHX.
6. Патент № 2437988 С1 Российская Федерация, МПК E02D 27/38. основание цилиндрического резервуара : № 2010119896/03 : заявл. 18.05.2010 : опубл. 27.12.2011 / О. Ю. Ещенко, Д. В. Волик ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет". – EDN DXTHRI.
7. Болгов, И. В. Особенности проектирования фундаментов резервуара вблизи котлована / И. В. Болгов // Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий : материалы II Всероссийской конференции с международным участием, Пермь, 26–28 мая 2021 года. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2021. – С. 100-116. – EDN KHGRIE.
8. Болгов, И. В. Оценка технического состояния строительных конструкций трехэтажного здания / И. В. Болгов, С. П. Шатилин, Ю. Ю. Дисиков // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений : Материалы 18-ой Международной научно-практической конференции, Новочеркасск, 22 октября 2019 года. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2019. – С. 94-103. – EDN UKUYXG.
9. Совершенствование процесса моделирования инвестиционной деятельности в современной парадигме экономического развития / А. Н. Секисов, Н. В. Коженко, И. В. Болгов, П. С. Кошевец // Первый экономический журнал. – 2024. – № 10(352). – С. 60-68. – DOI 10.58551/20728115_2024_10_60. – EDN FDMVZH.
10. Полищук, А. И. Результаты статических испытаний баретт повторным нагружением / А. И. Полищук, О. А. Шмидт // Современные вопросы геотехники : Сборник научных статей по материалам конференции, посвященной 75-летию профессора А. И. Полищука, Краснодар, 28 июля 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2024. – С. 186-193. – EDN TMUPHN.

ШАЛАГАЙ ГРИГОРИЙ МАКСИМОВИЧ, магистрант
КАРАСЕВ ВЛАДИСЛАВ ВАЛЕРЬЕВИЧ, магистрант
МЕШКОВА ВАСИЛИНА МАКСИМОВНА, старший преподаватель
 e-mail: r-a-k-1987@mail.ru
 Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
 г. Краснодар, Россия

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ МЕРОПРИЯТИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ

В статье поднимается актуальный вопрос влияния техногенных грунтовых вод и, как следствие, водонасыщение грунтового массива, сложенного дисперсными грунтами на конструктивные параметры сооружений инженерной защиты автомобильных дорог.

Ключевые слова: противооползневое сооружение, автомобильная дорога, техногенное воздействие, техногенные грунтовые воды, гидрогеологический режим грунтовых вод, оползневые процессы.

Причины развития оползневых процессов на эксплуатируемых участках автомобильных дорог могут быть абсолютно разнообразными, однако, как правило, в первую очередь, это связано с изменением гидрогеологического режима грунтовых вод и снижением прочностных параметров грунтовых массивов, сложенных дисперсными грунтами.

Внезапная активизация оползневых явлений сопровождается длительным и постепенным изменением напряженно-деформированного состояния грунтового массива под воздействием техногенных нагрузок и влияний. В зоне риска участки автомобильных дорог, расположенные у подножия гор, вблизи существующей застройки на их вершинах. Выполнение строительно-монтажных работ и эксплуатация объектов жилой застройки, как правило, приводит к нерегулируемому сбросу сточных вод, аварийным ситуациям [1], связанных с прорывом сети водоснабжения и/или канализации. Учитывая значительные перепады рельефа местности горных территорий, существуют высокие риски обводнения участков автомобильных дорог и под воздействием регулярных транспортных нагрузок возникновению деформаций и развитию оползневых явлений [2].

Исходя из вышеизложенного вопрос оценки влияния техногенного воздействия от грунтовых вод близлежащей застройки на горных территориях является достаточно важным и актуальным.

Таким образом, в рамках исследований в настоящей статье рассмотрен вопрос оценки влияния техногенных грунтовых вод на развитие оползневых процессов и конструктивные решения противооползневого сооружения. Необходимо выполнить серии геотехнических расчетов, которые позволят оценить влияние техногенных грунтовых вод на общую устойчивость геотехнической

системы [3], возникающих усилий в несущих конструкциях [4] противооползневого сооружения.

Цель исследований заключается в оценке влияния техногенных грунтовых вод на устойчивость автомобильной дороги, а также принимаемые технические решения противооползневых сооружений для обеспечения безопасности транспортного движения с учетом сейсмических воздействий на площадке строительства [5]. Актуальность исследований заключается в подтверждении необходимости оценки влияния техногенных грунтовых вод при проектировании противооползневых сооружений на автомобильных дорогах.

В процессе исследований были решены следующие задачи:

- теоретический обзор существующих типов сооружений в качестве мероприятий инженерной защиты от опасных склоновых процессов для определения наиболее эффективных конструктивных решений для стабилизации активных оползневых процессов;
- определение причин возникновения оползневых процессов на автомобильной дороге;
- оценка воздействия техногенных грунтовых вод на развитие оползневых процессов и определение категории оползневой опасности с учетом водонасыщения грунтового массива;
- реализация серий численного моделирования по влиянию техногенных грунтовых вод на конструктивные параметры противооползневого сооружения.

Таким образом была установлена необходимость детального обследования участков проектирования мероприятий инженерной защиты автомобильных дорог на наличие техногенного воздействия от деятельности человека с целью разработки технических эффективных противооползневых сооружений.

Список литературы

1. Ryabukhin, A. K. Features of landslide structures' designing in emergency situations / A. K. Ryabukhin, D. V. Leyer, N. N. Lyubarsky // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 913, No. 4. – P. 042068. – DOI 10.1088/1757-899x/913/4/042068. – EDN MDDLRT..
2. Безуглова Е.В. Оползневой риск транспортных природно -технических систем: монография / Е.В. Безуглова, С.И. Маций, В.В. Подтелков. - Краснодар: КубГАУ, 2015. - 239 с.
3. Калинин, Р. Н. Исследование распределения усилий в многоярдом удерживающем свайном сооружении / Р. Н. Калинин, Н. Н. Любарский // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кошаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 1060-1061. – EDN YNMP SH.
4. Напряженно-деформированное состояние стержневых железобетонных внецентренно нагруженных элементов в стадии трещинообразования / А. Н. Иваненко, Н. А. Иваненко, Е. Н. Пересыпкин, С. Е. Пересыпкин // Инновации. Менеджмент. Маркетинг. Туризм. – 2014. – № 2. – С. 162-165. – EDN SIEUJP.
5. Актуализация определения сейсмичности землетрясений / А. К. Рябухин, А. Ю. Маршалка, М. В. Чумак, В. Лобанов // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе : сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 26 мая 2023 года

/ Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова. Том 2. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 75-77. – EDN CIGDBC.

ШЕРКУНОВА ДАРЬЯ АЛЕКСЕЕВНА, студент
Юго-Западный Государственный университет, г. Курск, Россия
(e-mail: sherkunova.darya@mail.ru)

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В статье рассматривается геодезический мониторинг как комплекс мероприятий для контроля за деформациями зданий и сооружений с помощью специализированных методов и инструментов. Освещаются цели, для которых необходимо произвести мониторинг, а также этапы его проведения. Приведены ключевые методы геодезического мониторинга и особенности мониторинга для разных конструкций.

Ключевые слова: строительство, геодезический мониторинг, деформации, контроль, безопасность, эксплуатация

В современном строительстве и эксплуатации зданий и сооружений обеспечение их надежности и безопасности является первостепенной задачей. Фундаментальным инструментом в решении этой задачи выступает геодезический мониторинг, позволяющий своевременно выявлять деформации, отклонения от проектных параметров и другие неблагоприятные явления, способные привести к аварийным ситуациям.

Геодезический мониторинг зданий и сооружений представляет собой совокупность исследовательских действий, нацеленных на изучение и поддержание контроля над деформациями несущих и ограждающих элементов капитальных строений, неравномерностью осадки, наклоном и другими деформационными явлениями на стадиях строительства, реконструкции, капитального ремонта и использования объекта. Эти работы выполняются для выявления отклонений, геометрических изменений в статичной структуре каркаса постройки, изучения факторов, провоцирующих эти отклонения, прогнозирования развития трещин, изгибов и других деформаций с целью разработки мер по предотвращению их возникновения [1].

Геодезический мониторинг необходим для следующих целей:

- 1) обеспечение точности при проведении земляных работ, в частности, при создании котлована для будущего капитального строения;
- 2) осуществление контроля при строительстве фундаментов или заглубленных частей капитального сооружения, таких как подвалы, цокольные этажи или технические подполья;
- 3) непрерывное наблюдение за величиной осадки грунта под основанием здания, а также за наклоном здания (креном), как в абсолютном, так и в относительном выражении;

4) наблюдение за состоянием и стабильностью геометрических параметров существующих зданий, сооружений, инженерных сетей и других объектов, расположенных в зоне потенциального воздействия строящегося объекта;

5) отслеживание уровня грунтовых вод и риска подтопления территории во время паводков, а также оценка влияния грунтовых вод на свойства грунтов, подверженных нагрузкам от нового или уже функционирующего капитального строения [2];

6) систематическое измерение координат ключевых точек каркаса возводимого объекта для выявления любых изменений, вызванных геофизическими процессами в грунте. Измерения проводятся в трехмерной системе координат;

7) проведение первичного мониторинга деформаций основания в течение первого года после завершения строительства и ввода объекта в эксплуатацию.

Основные стадии работ включают в себя:

1. Первичную консультацию с потенциальным клиентом при обращении.
2. Выезд на объект, осмотр зданий, сооружений, территории, дорог, инженерных сетей в пределах исследуемой территории.
3. Составление технического задания, калькуляцию стоимости, согласование цены, подписание договора.
4. Размещение реперов, как абсолютных, так и деформационных геодезических меток.
5. Осуществление инженерного геодезического мониторинга всех конструкций и объектов, указанных в соглашении.
6. Регистрацию выявленных в ходе работ изменений положения геодезических знаков.
7. Подготовку отчетной документации, предоставление рекомендаций проектировщику с указанием критических зон, а также с перечислением действий по прекращению деформаций, чтобы избежать обрушения конструкции [3].

Выбор геодезических методов, применяемых в мониторинге, определяется программой мониторинга, исходя из необходимой точности измерений, уровня автоматизации измерений, специфики конструкций контролируемых объектов, а также инженерно-геологических и гидрогеологических условий.

Ключевыми методами геодезического мониторинга выступают следующие:

1. Для отслеживания вертикальных деформаций зданий и сооружений, их оснований, фундаментов и деформаций грунтового массива применяются: геометрическое нивелирование с использованием коротких визирных лучей, тригонометрическое нивелирование, гидростатическое нивелирование и метод относительных спутниковых измерений, основанный на глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС).
2. Для изучения вертикальных перемещений грунтового массива вглубь используются геодезические наблюдения с применением глубинных реперов, расположенных группами.
3. Для мониторинга горизонтальных смещений и сдвигов зданий, сооружений, ограждений котлованов и смещений грунтового массива используются: метод створных наблюдений (бокового нивелирования), метод полигономет-

рии, метод отдельных направлений, метод триангуляции, метод фотограмметрии, метод трилатерации.

4. Для контроля крена фундаментов и наклона зданий в целом применяются: метод проецирования, метод координатных измерений, метод измерения углов или направлений, а также метод фотограмметрии [4].

Выбор приборов для осуществления геодезического контроля обусловлен требуемой степенью точности замеров и уровнем автоматизации процесса. Все измерительные инструменты должны иметь действующие свидетельства об утверждении типа средств измерений, выданные в РФ, а также актуальные свидетельства о поверке. В процессе мониторинга применяются цифровые и оптические нивелиры, электронные тахеометры, оптические теодолиты, переносные гидростатические нивелиры, а также автоматизированные навигационные комплексы, включающие приемники (роверы) и базовые станции.

При контроле перекрытий и балок оценивается величина прогиба (выгиба), а также параметры трещин: длина и глубина. Прогибы определяются методом геометрического нивелирования (рис.1). Дополнительно может потребоваться определение прочности бетона, толщины защитного слоя и местоположения арматурных стержней.

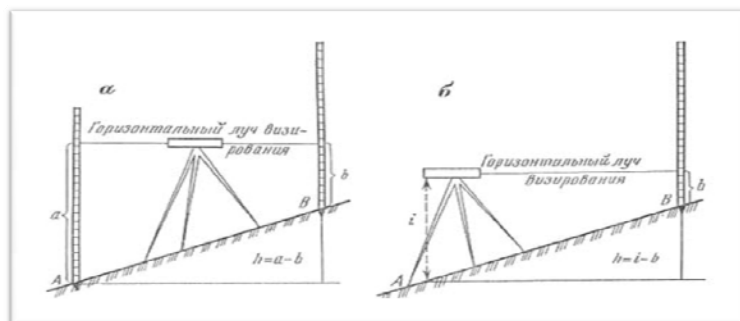


Рис.1 Метод геометрического нивелирования: а – способ «из середины»; б – способ «вперед»

Геодезический мониторинг железобетонных конструкций, помимо определения их планово-высотного положения, предполагает измерение геометрических параметров и сечений, обнаружение трещин и других деформаций, а также анализ ширины раскрытия трещин. При этом наблюдение за трещинами проводится с учетом напряженно-деформированного состояния бетонной конструкции. При наличии на железобетонных элементах участков с увлажнением или высолами, обязательно фиксируются их размеры для последующего отслеживания динамики их изменения.

При мониторинге железобетонных колонн и ригелей измеряются размеры их сечений, фиксируются отклонения от вертикальной оси, прогибы и выгибы, а

также смещения углов. В случае обнаружения трещин оценивается величина их раскрытия.

Геодезический контроль металлоконструкций направлен на выявление расхождений между фактическими и проектными или нормативными размерами сечений. Для этого выполняются прямые измерения, не менее трех замеров в каждой точке.

Геодезический мониторинг деформаций балконов, лоджий, эркеров, лестниц, стропил и других конструктивных элементов производится путем фиксации определенных точек измерений, опираясь на проектную документацию.

Таким образом, геодезический мониторинг зданий и сооружений является важным инструментом для обеспечения безопасности эксплуатации объектов, предотвращения аварийных ситуаций и продления срока их службы. Своевременное выявление деформаций и анализ причин их возникновения позволяют принимать эффективные меры по стабилизации состояния объекта и предотвращению дальнейших разрушений [5]. Использование современных методов и оборудования, а также соблюдение требований нормативных документов обеспечивают высокую точность и надежность результатов мониторинга.

Список литературы

1. Геодезический мониторинг зданий и сооружений | geoderix.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geoderix.ru/inzhenerno-geodezicheskie-izyskaniya/geodezicheskij-monitoring-zdaniy-i-sooruzheniy/> - (Дата обращения 25.09.2025).
2. Влияние содержания воды в грунте на его свойства / Шеркунова Д.А. // Информационные системы и технологии АПК и ПГС. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. В 2-х томах. Курск, 2023. С. 210-212.
3. Геодезический мониторинг зданий и сооружений – Промтерра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.prom-terra.ru/articles/geodezicheskij-monitoring-zdaniy-i-sooruzheniy.html> - (Дата обращения 25.09.2025).
4. Геодезические методы мониторинга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://basis-smis.ru/geodetic-monitoring/> - (Дата обращения 25.09.2025).
5. Проведение мониторинга технического состояния зданий и сооружений / Шеркунова Д.А. // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2024. сборник научных статей 13-й Международной молодежной научной конференции. Курск, 2024. С. 493-496.

ШЕРКУНОВА ДАРЬЯ АЛЕКСЕЕВНА, студент
Юго-Западный Государственный университет, г. Курск, Россия
(e-mail: sherkunova.darya@mail.ru)

РОЛЬ ГЕОДЕЗИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В статье рассматривается геодезия как наука, играющая ключевую роль в современном строительстве зданий и сооружений. Приведены цели и задачи геодезии при проектировании различных сооружений, инженерных комплексов и объектов инфраструктуры. Вместе с тем представлены этапы геодезических работ в строительстве, а также необходимый состав работ в ходе их проведения.

Ключевые слова: строительство, геодезия, проектирование, здания и сооружения, анализ, измерения

Современное строительство, независимо от масштаба и сложности проекта, невозможно представить без фундаментальной роли геодезии. Геодезические работы являются неотъемлемой частью всего жизненного цикла здания или сооружения, начиная с этапа проектирования и заканчивая эксплуатацией и мониторингом деформаций. Точность и надежность геодезических измерений напрямую влияют на безопасность, устойчивость и долговечность возводимых объектов.

Геодезия представляет собой обширную научную и инженерную дисциплину, занимающуюся изучением, определением и точным измерением пространственных характеристик и координат различных точек, расположенных на поверхности нашей планеты.

В рамках геодезических работ осуществляется сбор и анализ информации о следующих параметрах:

1. Геодезические координаты: Под этим термином подразумеваются широта, долгота и высота конкретных точек, находящихся на земной поверхности. Эти координаты необходимы для определения точного местоположения любого объекта [1].

2. Геодезическая сеть: Это совокупность взаимосвязанных точек с известными координатами. Геодезическая сеть создает основу для определения координат других объектов и служит в качестве системы отсчета.

3. Морфология и высотные отметки рельефа: Геодезисты анализируют форму земной поверхности и особенности рельефа, включая измерения высот, уклонов и кривизны.

4. Картографические материалы и планы: Геодезические измерения служат основой для создания подробных планов, карт и моделей местности, которые находят применение в строительстве, навигации и многих других сферах.

5. Достоверность и точность измерений: Геодезисты постоянно стремятся к обеспечению высокой степени точности и достоверности своих измерений, что

имеет решающее значение в различных областях, включая строительство, управление земельными ресурсами, навигацию и экологические исследования.

Геодезия играет исключительно важную роль в процессе проектирования различных сооружений, инженерных комплексов и объектов инфраструктуры. Ее значение в данном контексте проявляется в следующих ключевых аспектах:

- Установление местоположения и характеристик рельефа. Одним из первоочередных этапов в проектировании любого объекта является точное определение его географического положения. Геодезисты выполняют высокоточные измерения координат и высот выбранных площадок. Эти данные необходимы для разработки детальных планов, позволяющих проектировщикам учитывать особенности рельефа, неровности и другие геодезические факторы.

- Геодезические данные помогают архитекторам и инженерам учитывать различные геодезические особенности, такие как уклоны, неровности и уровни. Эти параметры могут оказывать существенное влияние на конструктивные решения. Например, при строительстве дорог или мостов учет местных геодезических особенностей позволяет создавать устойчивые и безопасные конструкции.

- Проектирование инженерных сетей. Геодезия играет центральную роль в планировании инженерных сетей, таких как системы водоснабжения, электро-снабжения и канализации [2]. Геодезические измерения обеспечивают точное определение местоположения этих систем, что критически важно для их эффективного функционирования и предотвращения конфликтов с другими подземными коммуникациями.

- Обеспечение точности и согласованности. Геодезические данные гарантируют высокую степень точности и согласованности в процессе проектирования. Это позволяет инженерам создавать объекты, соответствующие установленным требованиям и стандартам, а также минимизировать вероятность возникновения проблем и дорогостоящих исправлений в будущем.

- Рациональное использование ресурсов. Благодаря учету геодезических данных проектировщики могут оптимизировать использование ресурсов, включая землю, материалы и трудовые ресурсы [3]. Это ведет к экономии времени и средств как на этапе строительства, так и в процессе эксплуатации объектов.

- Контроль и корректировка. Геодезисты могут осуществлять мониторинг строительной площадки и проводить измерения в режиме реального времени, что позволяет своевременно выявлять любые отклонения от проектных параметров и принимать необходимые корректирующие меры на ранних стадиях, сокращая риски и избегая дополнительных затрат.

Геодезические работы в строительстве включают в себя следующие этапы:

1. Геодезические работы, предшествующие проектированию.

На самом раннем этапе, до начала возведения объекта, необходимо собрать исходную информацию о территории, предназначенной для застройки. Это позволяет лицам, осуществляющим проектирование и архитектурное планирование, учитывать особенности рельефа, наличие водных ресурсов, естественных и

искусственных объектов, а также другие существенные факторы, влияющие на процесс строительства.

Состав работ на данном этапе:

а) кадастровая съемка

Первичные замеры и внесение в документацию информации о земельном участке, его границах, площади и прочих параметрах.

б) инженерно-геодезические изыскания

На данном этапе проводится анализ геологических и геодезических характеристик местности, что имеет важное значение для оценки устойчивости грунта, уровня подземных вод и других параметров, оказывающих влияние на процесс строительства [4].

2. Геодезические работы в процессе строительства

После утверждения проектных решений и с началом возведения объектов, геодезические работы приобретают особую важность для точной привязки объектов на строительной площадке.

Виды проводимых работ:

а) определение осей здания

Геодезисты переносят проектные оси будущего строения на местность. Эта процедура обязательна для правильной установки фундамента и возведения стен, обеспечивая соответствие проектным размерам и положению объекта.

б) определение местоположения точек

В процессе строительства требуется определение координат точек, соответствующих тем, что указаны в проекте. Это позволяет установить точное местоположение ключевых элементов конструкции (например, углов зданий, осей и других несущих элементов).

3. Контроль геодезических работ

После достижения определенной стадии строительных работ необходим контроль за точностью их выполнения. Это позволяет своевременно выявлять ошибки и отклонения от проекта, предотвращая значительные затраты на исправления в будущем [5].

Виды работ:

а) контроль точности строительных работ

Оценка вертикальных и горизонтальных отклонений зданий и сооружений, а также их соответствие проектным размерам.

б) нивелирование

Определение высотных отметок для установки строительных конструкций и прокладки инженерных коммуникаций.

4. Заключительные геодезические работы

По окончании строительства необходимо выполнить итоговые геодезические измерения для фиксации фактического положения построенных объектов. Это требуется для подготовки исполнительной документации и окончательной регистрации построенного объекта.

Виды деятельности:

а) исполнительная съемка

Съемка, фиксирующая фактическое местоположение всех построенных объектов и соответствие этих данных проектной документации.

б) составление исполнительных чертежей

На основе данных исполнительной съемки подготавливаются схемы, которые используются для формирования окончательного пакета документов.

Таким образом, геодезия является неотъемлемой частью проектирования и строительства зданий и сооружений. Она обеспечивает точность и качество строительных работ, гарантирует безопасность эксплуатации объектов и позволяет избежать серьезных ошибок и финансовых потерь. Внедрение современных геодезических технологий позволяет значительно повысить эффективность геодезических работ и внести существенный вклад в развитие строительной отрасли. Чем выше требования к точности и безопасности строительного объекта, тем более важную роль играет геодезия. Игнорирование геодезических работ недопустимо, поскольку ставит под угрозу не только экономическую эффективность проекта, но и безопасность людей.

Список литературы

1. Геодезия и строительство: этимология, роль в проектировании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studwork.ru/spravochnik/geodeziya/rol-geodezii-v-stroitelstve> - (Дата обращения 01.10.2025).

2. Роль геодезии в современном строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geo-terra.ru/articles/rol-geodezii-v-sovremennom-stroitelstve/> - (Дата обращения 01.10.2025).

3. Мониторинг земельных ресурсов / Пилипенко Д.А., Новикова Т.М. // Современные тенденции в кадастре, землеустройстве и геодезии. Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгород, 2024. С. 27-30.

4. Роль геодезических работ в BIM моделировании / Новикова Т.М., Полторацкий Д.В. // Школа молодых новаторов. сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорский институт. Курск, 2023. С. 197-199.

5. Как геодезия помогает в строительстве? Обзор всех этапов | GeoРусИзыскания | Дзен [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dzen.ru/a/Z-Vd7OC4OEGzHxDI> - (Дата обращения 01.10.2025).

ШЕРКУНОВА ДАРЬЯ АЛЕКСЕЕВНА, студент
Юго-Западный Государственный университет, г. Курск, Россия
(e-mail: sherkunova.darya@mail.ru)

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ 3D-ПЕЧАТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье рассматривается 3D-печать как способ повышения автоматизации, ускорения и оптимизации строительных процессов. Приведен принцип действия 3D-печати в строительстве, а также характеристика портальных, роботизированных строительных 3D-принтеров и устройств типа «дельта». Вместе с тем представлены способы нанесения строительного материала, а также преимущества и недостатки применения 3D-принтера.

Ключевые слова: строительство, 3D-печать, цифровая модель, экструдер, материалы, технологии, конструкции

В современном мире инновации проникают во все сферы деятельности человека, и строительство не является исключением. Одной из самых перспективных технологий, меняющих облик строительной индустрии, является 3D-печать. Эта революционная технология предлагает беспрецедентные возможности для автоматизации, ускорения и оптимизации строительных процессов, а также открывает новые горизонты для архитектурного проектирования и создания уникальных строительных конструкций.

Аддитивное производство, или 3D-печать, представляет собой технологию создания осязаемых трехмерных изделий на основе цифровых трехмерных моделей [1]. В ходе этого процесса, исходный материал, обычно полимер, металл или композит, добавляется последовательными слоями, формируя желаемый объект в соответствии с геометрией цифровой модели. В отличие от традиционных методов, таких как фрезерование или литье, где материал удаляется, 3D-печать наращивает его.

История 3D-печати берет свое начало в 1980-х годах, когда инженеры компании 3D Systems изобрели технологию создания трехмерных объектов из смолы посредством лазерной обработки. Это изобретение послужило отправной точкой для коммерциализации 3D-печати. С развитием технологий, было разработано множество методов 3D-печати, среди которых наиболее распространены моделирование методом послойного наплавления (FDM) и селективное лазерное спекание (SLS).

Строительные 3D-принтеры позволяют изготавливать как отдельные компоненты строительных конструкций, так и возводить полноценные здания и сооружения (рис 1).

Принцип строительной 3D-печати относительно прост: экструдер подает бетонную смесь, модифицированную различными добавками (например, стекловолокном или полимерной фиброй). Печатающая головка с высокой точностью наносит слои бетона один за другим, при этом нижние слои уплотняются под весом последующих. Процесс продолжается до тех пор, пока 3D-принтер не

воспроизведет объемную модель, запрограммированную в CAD-системе. Внутреннее пространство сформированных стен армируется и заполняется пенобетоном. Для непрерывного строительного процесса необходимо своевременно пополнять запас смеси в 3D-принтере [2].



Рис.1 3D-принтер

Существует следующие разновидности строительных 3D-принтеров:

1. Портальные принтеры. Эти принтеры характеризуются мобильной структурой, включающей вертикальные и горизонтальные направляющие, экструзионный механизм, переносной узел смешивания, модуль управления, систему контроля и средства защиты. Несмотря на их прочность, строительство ограничено габаритами, позволяющими объекту разместиться внутри принтера.

2. Роботизированные принтеры. Эти автоматизированные системы отличаются значительной маневренностью благодаря роботизированной манипуляторной руке, способной двигаться по и вокруг своей оси, а также платформе с функциями наклона и вращения [3].

3. Дельта-принтеры. "Дельта"-устройства используются для строительства крупных и высотных зданий. Экструдер крепится на трех рычагах, которые, в свою очередь, прикреплены к опорам.

В приведенной ниже таблице представлены основные преимущества и недостатки 3D-принтера.

Выделяют следующие способы нанесения строительного материала:

- Метод экструзии [5]

В этом процессе материал для строительства выдавливается через узкое отверстие, одновременно нагреваясь до состояния плавления, и наносится слоями по определенной траектории.

- Струйное нанесение связующего вещества

Таблица 1

Преимущества и недостатки 3D-принтера

Преимущества	Недостатки
Сокращение расходов. В отличие от классического подхода к возведению зданий, 3D-печать предоставляет возможность сэкономить до 60% строительных материалов, до 80% трудовых ресурсов и до 70% финансовых издержек, связанных со временем, что существенно увеличивает продуктивность процесса.	Далеко не все элементы конструкции поддаются 3D-печати. В частности, создание крыши представляет собой сложность. Кроме того, на данный момент отсутствует практика строительства высотных зданий с использованием данного метода. До настоящего времени 3D-строительство применялось преимущественно для возведения малогабаритных объектов.
Обеспечение безопасности. Представленная технология дает возможность гарантировать защищенность рабочих непосредственно на стройплощадке и снизить вероятность получения травм, поскольку преобладающая часть операций автоматизирована.	Применение 3D-печати в домостроении может быть затруднено из-за климатических факторов, так как технология требует поддержания температуры воздуха выше +15 градусов Цельсия. Неблагоприятная погода также является ограничением для печати [4].
Неповторимость архитектурных решений. 3D-печатные устройства обладают способностью к движению в трехмерном пространстве, что позволяет им фокусироваться на воплощении в жизнь нестандартных и замысловатых форм, которые оказались бы либо невыполнимы, либо крайне затратны при использовании традиционных методов домостроения.	Значительная стоимость 3D-принтеров, делает их приобретение непосильным для малых предприятий и краткосрочных проектов.
Экологичность подхода. Применение исключительно требуемого объема материалов для возведения конструкции позволяет принтеру генерировать меньшее количество отходов и остатков строительных материалов, значительное накопление которых обычно наблюдается при обычном методе строительства.	Существуют проблемы, связанные с нормативной базой и строительными правилами. В Российской Федерации процесс 3D-печати зданий в настоящее время не имеет законодательного регулирования. Именно отсутствие соответствующих стандартов является основным препятствием для расширения области применения этой технологии.

Склеивание слоев происходит с помощью специального промышленного компонента. Как правило, применяется порошкообразный материал, который распределяется тонким слоем и служит в качестве связующего. Этот метод яв-

ляется экономичным и позволяет быстро возводить крупные строительные объекты.

- Нанесение материала распылением

При использовании этого способа принтер формирует слои, распыляя капли жидкого вещества. Это позволяет комбинировать различные виды материалов в одном проекте.

Таким образом, 3D-печать в строительстве – это перспективная технология, предлагающая значительные преимущества по сравнению с традиционными методами. Она способствует сокращению сроков, затрат и отходов, повышению гибкости проектирования и улучшению безопасности на строительной площадке. По мере дальнейшего развития технологий и материалов, 3D-печать станет все более важным инструментом в строительной отрасли, формируя будущее архитектуры и строительства.

Список литературы

1. Применение эффекта памяти формы при аддитивных методах формообразования / Привалов А.С. // ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РОССИИ: МОЛОДЕЖНЫЙ ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ. сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции. Юго-Западный государственный университет; Московский политехнический университет; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. 2019. С. 130-134.
2. Использование технологии 3D-печати в строительной отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://na-journal.ru/11-2023-informacionnye-tehnologii/6827-ispolzovanie-tehnologii-3d-pechat-v-stroitelnoi-otrasli> - (Дата обращения 02.10.2025).
3. ТЕХНОЛОГИЯ 3D ПЕЧАТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ - Студенческий научный форум [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2021/article/2018025145> - (Дата обращения 02.10.2025).
4. 3D-печать домов, печать домов на 3D-принтере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cybercom.ru/articles/3d-pechat-domov-s-pomoshchyu-3d-printera-plyusy-i-minusy/> - (Дата обращения 02.10.2025).
5. Материалы для 3D-печати зданий: оборудование и перспективы рынка принтере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://промоборудование.рф/article/3d-pechat-zdaniy-tehnologii-materialy-i-perspektivy-stroitel'nogo-rynka> - (Дата обращения 02.10.2025).

ЯМОЧКИНА ИРИНА АНДРЕЕВНА, студент
(e-mail: irinovnai717@gmail.com)

ВОЛКОВ КИРИЛЛ РОМАНОВИЧ, студент
(e-mail: volkoff.kir777@gmail.com)

Юго-Западный государственный университет, Курск

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ

Металлические конструкции традиционно занимают важное место в строительстве благодаря своим уникальным прочностным характеристикам, технологичности и возможности создания большепролетных систем. Однако в последнее десятилетие развитие металлоконструкций приобрело качественно новые черты, обусловленные цифровизацией, появлением новых материалов и технологий, а также ужесточением требований к энергоэффективности и экологической безопасности.

Ключевые слова: энергоэффективность, цифровизация, металлоконструкция, строительные системы, строительство.

Современные вызовы, такие как необходимость сокращения сроков строительства, повышение архитектурной выразительности объектов и снижение эксплуатационных расходов, требуют принципиально новых подходов к проектированию, изготовлению и монтажу металлоконструкций. [4]

Одним из наиболее значимых направлений развития является создание и внедрение новых материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками:

1. Высокопрочные и сверхвысокопрочные стали: Применение сталей классов С390-С690 позволяет снизить материалоемкость конструкций на 20-30% за счет уменьшения толщин элементов. Перспективным направлением является разработка сталей с повышенной коррозионной стойкостью и огнестойкостью, что сокращает затраты на защитные покрытия и противопожарную обработку.

2. Многослойные и гибридные конструкции: Комбинирование стальных элементов с материалами, работающими на растяжение (например, углепластиковая арматура), позволяет создавать легкие и высокопрочные системы. Активно развивается направление сталежелезобетонных конструкций, в которых преимущества стали и бетона используются комплексно.

3. Пространственные структуры: Совершенствование программного обеспечения позволяет проектировать и изготавливать сложные геометрические формы – структурные сети, оболочки, модульные системы, обеспечивающие не только высокую несущую способность, но и архитектурную выразительность. [3]

Цифровизация охватывает все этапы жизненного цикла металлоконструкций: [1]

ВМ-проектирование	Роботизированное производство	Аддитивные технологии
1) Выявление коллизий на ранних стадиях проектирования 2) Точный расчет нагрузок и оптимизацию сечений 3) Автоматическую генерацию чертежей и документации	1) Обеспечить высокую точность изготовления элементов 2) Минимизировать человеческий фактор 3) Внедрять сложные технологические операции (лазерная резка, роботизированная сварка)	1) Сложносоставных узлов с оптимизированной геометрией 2) Индивидуальных архитектурных элементов 3) Быстрого прототипирования и изготовления оснастки

Современные металлоконструкции все чаще оснащаются системами мониторинга, превращаясь в "умные" конструкции:

1. Встроенные датчики: Системы сбора данных о напряженно-деформированном состоянии, температуре, вибрациях и коррозии позволяют: [2]

- Оценивать реальную работу конструкции
- Прогнозировать остаточный ресурс
- Своевременно планировать ремонтные работы

2. Активные системы демпфирования: Для высотных зданий и мостов применяются системы активного гашения колебаний, повышающие комфорт и безопасность эксплуатации.

В соответствии с принципами "зеленого" строительства развиваются следующие направления:

1. Снижение углеродного следа: Оптимизация конструкций приводит к уменьшению расхода стали и сокращению энергозатрат на производство и транспортировку.

2. Рециклинг и повторное использование: Разрабатываются конструкции с возможностью демонтажа и повторного применения, а также системы утилизации металлолома.

3. Энергоэффективные решения: Интеграция фотоэлектрических панелей в элементы металлоконструкций, использование стальных тонкостенных профилей в ограждающих конструкциях.

Перспективы развития металлоконструкций связаны с дальнейшей интеграцией в строительные системы, созданием адаптивных и трансформируемых структур, а также разработкой "умных" материалов с программируемыми свойствами. Конкурентоспособность строительных организаций будет определяться способностью осваивать и внедрять эти инновационные решения. [5]

Список литературы

1. Агеев, Е. В. Применение порошка твердого сплава КНТ-16 полученного электроэрозионным диспергированием для восстановления и упрочнения деталей в машиностроении / Е. В. Агеев, Б. Н. Сабельников // Инновационные технологии реновации в машиностроении : Сборник трудов Международной научно-технической конференции, посвящённой 150-летию факультета «Машиностроительные технологии» и кафедры «Технологии обработки материалов» МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, 04–05 февраля 2019 года / под общ. ред. В. Ю.

Лавриненко. – Москва: Московский государственный областной университет, 2019. – С. 292-296. – EDN JZZBCL.

2. Гранулометрический состав порошка, полученного электродиспергированием сплава ЖС6У в воде / Е. В. Агеева, В. О. Поданов, Н. М. Хорьякова [и др.] // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 марта 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – С. 25-29. – EDN SEFKCC.

3. Ageev, E. V. Composition, structure, and properties of heat-resistant alloys samples made from powders obtained by electroerosion of waste nickel alloys in kerosene / E. V. Ageev, A. S. Pereverzev, S. V. Khardikov, B. N. Sabelnikov // Non-Ferrous Metals. – 2023. – No. 1. – P. 32-35. – DOI 10.17580/nfm.2023.01.05. – EDN YJXXXX.

4. Агеева, Е. В. Исследование фазового состава частиц порошка, полученного электродиспергированием сплава ЖС6У в воде / Е. В. Агеева, В. О. Поданов, Н. М. Хорьякова [и др.] // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации : Сборник научных трудов XVII Международной научно-практической конференции, Курск, 17–18 марта 2022 года / Редколлегия: Разумов М.С. (отв. ред.). – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 50-54. – EDN MODTTZ.

5. Поданов, В. О. Оценка жаропрочности новых сплавов, полученных из отходов сплава ЖС6У электророзионным диспергированием / В. О. Поданов, Е. В. Агеев, Б. Н. Сабельников // Современные проблемы и направления развития металловедения и термической обработки металлов и сплавов : сборник научных статей 4-й Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика А.А. Байкова, Курск, 15 сентября 2023 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2023. – С. 123-127. – EDN YJKAII.

ЯМОЧКИНА ИРИНА АНДРЕЕВНА, студент

(e-mail: irinovnai717@gmail.com)

ВОЛКОВ КИРИЛЛ РОМАНОВИЧ, студент

(e-mail: volkoff.kir777@gmail.com)

Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ В УСЛОВИЯХ 2025 ГОДА

Формирование подвижного состава – комплекса транспортных и технологических машин, обеспечивающих строительный процесс – является одной из ключевых задач управления строительным проектом. Традиционно этот процесс основывался на статических расчетах потребности в технике, сметных нормах и выборе между покупкой и арендой. Однако стремительные изменения технологической, экономической и регуляторной среды к 2025 году требуют кардинального пересмотра существующих подходов.

Ключевые слова: строительный подвижной состав, управление парком, цифровизация строительства, экологизация, электрическая техника

Анализ современной ситуации позволяет выделить несколько доминирующих факторов, формирующих новый ландшафт в области строительной техники:

1. Повсеместное внедрение BIM (Building Information Modeling), IoT (Internet of Things) и облачных технологий позволяет перейти от планирования потребности в технике на основе нормативов к точному расчету на основе цифровых моделей объекта и данных в реальном времени. [2]

2. Введение углеродных налогов, запреты на въезд техники с двигателями низких экологических классов в крупные города, а также растущее давление со стороны инвесторов и общества стимулируют переход на технику с низким уровнем выбросов.

3. Высокая волатильность цен на топливо, комплектующие и услуги логистики, а также дефицит некоторых видов техники делают неэффективными долгосрочные инвестиции в избыточный парк.

4. Нехватка квалифицированных машинистов и механиков для сложной современной техники требует ее упрощения, повышения надежности и удаленного мониторинга.

Традиционная модель формирования парка предполагала создание относительно постоянного состава техники на весь период строительства. В 2025 году эта модель сменяется концепцией «адаптивного парка», который динамически изменяется в соответствии с текущими задачами проекта. [3]

Основные характеристики адаптивного парка:

1. Гибридная структура «ядро + переменная часть»: Постоянное «ядро» составляют универсальные и критически важные для компании единицы техники, находящиеся в собственности. «Переменная часть» формируется за счет краткосрочной аренды (в том числе почасовой) высокоспециализированной или редко используемой техники через цифровые платформы.

2. Платформенные решения и «техника как услуга» (Equipment-as-a-Service - EaaS). Получают распространение онлайн-платформы для аренды строительной техники, которые позволяют в режиме реального времени подобрать, заказать и оплатить необходимую единицу. Модель EaaS подразумевает оплату не за владение техникой, а за ее фактическую производительность (например, за кубометр вынутого грунта или за час работы в определенном режиме).

3. Управление на основе данных. Данные телематики (расход топлива, моточасы, местоположение, параметры работы) в сочетании с данными BIM-модели позволяют:

- Точно прогнозировать пиковые нагрузки и заблаговременно арендовать дополнительную технику.
- Оптимизировать маршруты перемещения по площадке.
- Проводить предиктивное техническое обслуживание, минимизируя простой.
- Автоматически формировать отчеты о производственных показателях. [1]

К 2025 году экологичность техники перестает быть маркетинговым ходом и становится жестким требованием. Формирование парка будет учитывать следующие аспекты: [4]

Электрификация	Использование водородных топливных элементов	Биотопливо и синтетическое топливо
На городских стройплощадках, особенно в центрах мегаполисов, будет доминировать электрическая техника: мини-экскаваторы, погрузчики, телескопические рукояти. Их преимущества – нулевой уровень выбросов, низкий уровень шума и вибрации, что позволяет работать в плотной городской застройке и в ночное время.	Для более крупной и энергоемкой техники (бульдозеры, тяжелые самосвалы) начнется этап пилотного внедрения водородных силовых установок, которые лишены главного недостатка электромобилей – длительного времени зарядки.	Для существующего парка техники с ДВС будет активно применяться переход на менее углеродоемкие виды топлива.

Формирование подвижного состава на строительной площадке в 2025 году характеризуется переходом от статической, ресурсоемкой модели к динамической, интеллектуальной и экологически ориентированной системе. Успешность строительной компании в новых условиях будет напрямую зависеть от ее способности адаптировать свою стратегию формирования подвижного состава к указанным трендам. [5-7]

Список литературы

1. Агеев, Е. В. Применение порошка твердого сплава КНТ-16 полученного электроэрозионным диспергированием для восстановления и упрочнения деталей в машиностроении / Е. В. Агеев, Б. Н. Сабельников // Инновационные технологии реновации в машиностроении : Сборник трудов Международной научно-технической конференции, посвящённой 150-летию факультета «Машиностроительные технологии» и кафедры «Технологии обработки материалов» МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, 04–05 февраля 2019 года / под общ. ред. В. Ю. Лавриненко. – Москва: Московский государственный областной университет, 2019. – С. 292-296. – EDN JZZBCL.
2. Сабельников, Б. Н. Системы удаленного диагностирования автотранспортных средств / Б. Н. Сабельников, В. И. Козликин // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2017) : Сборник статей IX Международной научно-технической конференции, Курск, 26–27 октября 2017 года / Ответственный редактор Е.В. Агеев. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2017. – С. 179-183. – EDN ZSCSIX.
3. Сабельников, Б. Н. Особенности диагностики неисправностей автомобильного транспорта / Б. Н. Сабельников, В. И. Козликин // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2016) : сборник статей VIII Международной научно-технической конференции, Курск, 24–25 ноября 2016 года / Ответственный редактор Е.В. Агеев. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2016. – С. 350-354. – EDN USXVLX.
4. Гранулометрический состав порошка, полученного электродиспергированием сплава ЖС6У в воде / Е. В. Агеева, В. О. Поданов, Н. М. Хорьякова [и др.] // Электроэнергетика се-

годня и завтра : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 марта 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – С. 25-29. – EDN SEFKCC.

5. Ageev, E. V. Composition, structure, and properties of heat-resistant alloys samples made from powders obtained by electroerosion of waste nickel alloys in kerosene / E. V. Ageev, A. S. Pereverzev, S. V. Khardikov, B. N. Sabelnikov // Non-Ferrous Metals. – 2023. – No. 1. – P. 32-35. – DOI 10.17580/nfm.2023.01.05. – EDN YIJXXX.

6. Агеева, Е. В. Исследование фазового состава частиц порошка, полученного электродиспергированием сплава ЖС6У в воде / Е. В. Агеева, В. О. Поданов, Н. М. Хорьякова [и др.] // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации : Сборник научных трудов XVII Международной научно-практической конференции, Курск, 17–18 марта 2022 года / Редколлегия: Разумов М.С. (отв. ред.). – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 50-54. – EDN MODTTZ.

7. Поданов, В. О. Оценка жаропрочности новых сплавов, полученных из отходов сплава ЖС6У электроэрозионным диспергированием / В. О. Поданов, Е. В. Агеев, Б. Н. Сабельников // Современные проблемы и направления развития металлостроения и термической обработки металлов и сплавов : сборник научных статей 4-й Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика А.А. Байкова, Курск, 15 сентября 2023 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2023. – С. 123-127. – EDN JYKAII.

ЯМОЧКИНА ИРИНА АНДРЕЕВНА, студент
(e-mail: irinovnai717@gmail.com)

ВОЛКОВ КИРИЛЛ РОМАНОВИЧ, студент
(e-mail: volkoff.kir777@gmail.com)

Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия

ЭКСПЛУАТАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА, ПРИМЕНЯЕМОГО В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ 2025 ГОДА

Специализированный подвижной состав (СПС) – автогидроподъемники, сваебойные комплексы, мультилифты, установки горизонтального направленного бурения (ГНБ), бетононасосы и т.д. – является ключевым элементом реализации уникальных и технологически сложных строительных проектов. В отличие от универсальной техники, эксплуатация СПС сопряжена с рядом специфических трудностей: высокая капиталоемкость, низкий коэффициент сменности, сложность логистики и мобилизации, острая потребность в узкоквалифицированных операторах.

Ключевые слова: специализированный подвижной состав, эксплуатация строительной техники, цифровой двойник, модель «техника как услуга», строительство 2025.

Эксплуатация СПС в 2025 году немыслима без его интеграции в единую цифровую среду строительного проекта. Ключевыми компонентами этой экосистемы являются:

1. Цифровые двойники (Digital Twins): Для критически важных единиц СПС (например, буровой установки ГНБ или башенного крана) создаются их виртуальные копии. Двойник в реальном времени получает данные телематики, позволяя:

- Моделировать рабочие циклы и выявлять узкие места.
- Проводить виртуальные инструктажи и тренировки для операторов.
- Отрабатывать сложные операции (например, подъем груза в стесненных условиях) до их выполнения на площадке. [1]

2. Предиктивные системы технического обслуживания (Predictive Maintenance): Датчики вибрации, температуры, анализа масла и нагрузки передают данные на AI-платформы. Это позволяет перейти от планово-предупредительного ремонта к обслуживанию по фактическому состоянию, предотвращая внезапные простои дорогостоящего СПС. Например, система заранее предупредит о риске выхода из строя насоса высокого давления в бетононасосе, предложив заказать запчасть и запланировать ремонт в технологическое «окно». [2]

3. Удаленная поддержка и дополненная реальность (AR): Оператор сложной машины с помощью AR-очков может получать подсказки в реальном времени, визуализацию скрытых под землей коммуникаций или связываться с экспертом-инженером производителя для консультации без остановки работ. [3]

Для специализированного подвижного состава, работающего в режиме «проектной аренды», традиционная модель ТОиР неэффективна. На смену ей приходят:

Центры компетенции производителей (Original Equipment Manufacturer - OEM)	Мобильные сервисные бригады	Блокчейн для учета истории обслуживания
Производители техники (например, Liebherr, Putzmeister, XCMG) предлагают сервисные контракты «полного цикла», где они несут ответственность за всю жизнеобеспечение машины на протяжении всего срока ее аренды под конкретный проект.	Оснащенные передвижными диагностическими лабораториями и 3D-принтерами для оперативного изготовления простых запчастей, они способны выполнять сложный ремонт непосредственно на строительной площадке.	Каждая операция ТОиР, запчасть и моточас фиксируются в распределенном реестре, что повышает прозрачность и ликвидность техники на вторичном рынке аренды.

Также существуют экономические и экологические аспекты эксплуатации, такие как:

1. Модель «Спецтехника как услуга» (Specialized Equipment-as-a-Service): Строительные компании все реже покупают СПС в собственность. Вместо этого они оплачивают комплексную услугу, включающую не только поставку машины, но и ее эксплуатацию, ТО, страхование и утилизацию. Оплата часто привязана к единице результата (кубометру забетонированной смеси, метру пробуренной скважины).

2. Экологизация эксплуатации: В условиях ужесточения норм выбросов и введения углеродного налога эксплуатация СПС требует:

- Перехода на альтернативные источники энергии: Использование электрических автогидроподъемников для работ в центрах городов, гибридных сваебоев, работающих от бортового дизель-генератора и внешней сети.
- Мониторинга углеродного следа: Телематические системы автоматически рассчитывают выбросы CO₂ для каждой единицы СПС, что необходимо для ESG-отчетности.
- Применения экологичных ГСМ и биоразлагаемых гидравлических жидкостей. [4]

Эксплуатация специализированного подвижного состава в строительной отрасли к 2025 году претерпевает кардинальные изменения, суть которых можно свести к нескольким ключевым тезисам:

1. Интеллектуализация. Ценность СПС определяется не его массой и мощностью, а уровнем его оснащенности датчиками и интеграцией в цифровую экосистему. Управление эксплуатацией становится наукоемким процессом, основанным на анализе больших данных.

2. Сервисизация. Доминирующей экономической моделью становится аренда с полным сервисным сопровождением, что трансформирует капитальные затраты строительных компаний в операционные и снижает риски.

3. Экологизация. Устойчивость эксплуатационных процессов, включая снижение выбросов, шума и потребления ресурсов, становится обязательным лицензионным требованием для работы на современных, особенно городских, строительных площадках. [5-7]

Таким образом, в условиях 2025 года конкурентное преимущество будет определяться способностью компании не просто владеть современным СПС, а эффективно управлять его жизненным циклом в рамках цифровой, сервисно-ориентированной и экологически ответственной парадигмы.

Список литературы

1. Сабельников, Б. Н. Системы удаленного диагностирования автотранспортных средств / Б. Н. Сабельников, В. И. Козликин // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2017) : Сборник статей IX Международной научно-технической конференции, Курск, 26–27 октября 2017 года / Ответственный редактор Е.В. Агеев. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2017. – С. 179-183. – EDN ZSCSIX.

2. Сабельников, Б. Н. Особенности диагностики неисправностей автомобильного транспорта / Б. Н. Сабельников, В. И. Козликин // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2016) : сборник статей VIII Международной научно-технической конфе-

ренции, Курск, 24–25 ноября 2016 года / Ответственный редактор Е.В. Агеев. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2016. – С. 350-354. – EDN USXVLX.

3. Агеев, Е. В. Применение порошка твердого сплава КНТ-16 полученного электроэрозионным диспергированием для восстановления и упрочнения деталей в машиностроении / Е. В. Агеев, Б. Н. Сабельников // Инновационные технологии реновации в машиностроении : Сборник трудов Международной научно-технической конференции, посвящённой 150-летию факультета «Машиностроительные технологии» и кафедры «Технологии обработки материалов» МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, 04–05 февраля 2019 года / под общ. ред. В. Ю. Лавриненко. – Москва: Московский государственный областной университет, 2019. – С. 292-296. – EDN JZZBCL.

4. Гранулометрический состав порошка, полученного электродиспергированием сплава ЖС6У в воде / Е. В. Агеева, В. О. Поданов, Н. М. Хорьякова [и др.] // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 марта 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – С. 25-29. – EDN SEFKCC.

5. Ageev, E. V. Composition, structure, and properties of heat-resistant alloys samples made from powders obtained by electroerosion of waste nickel alloys in kerosene / E. V. Ageev, A. S. Pereverzev, S. V. Khardikov, B. N. Sabelnikov // Non-Ferrous Metals. – 2023. – No. 1. – P. 32-35. – DOI 10.17580/nfm.2023.01.05. – EDN YIJXXX.

6. Агеева, Е. В. Исследование фазового состава частиц порошка, полученного электродиспергированием сплава ЖС6У в воде / Е. В. Агеева, В. О. Поданов, Н. М. Хорьякова [и др.] // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации : Сборник научных трудов XVII Международной научно-практической конференции, Курск, 17–18 марта 2022 года / Редколлегия: Разумов М.С. (отв. ред.). – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 50-54. – EDN MODTTZ.

7. Поданов, В. О. Оценка жаропрочности новых сплавов, полученных из отходов сплава ЖС6У электроэрозионным диспергированием / В. О. Поданов, Е. В. Агеев, Б. Н. Сабельников // Современные проблемы и направления развития металловедения и термической обработки металлов и сплавов : сборник научных статей 4-й Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика А.А. Байкова, Курск, 15 сентября 2023 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2023. – С. 123-127. – EDN JYKAII.

Экологические проблемы и безопасность жизнедеятельности в АПК и ПГС

АЛЕКСЕНКО СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, студент
(e-mail: sergeyaleksenko143@gmail.com)

ВОЛКОВА ДАРЬЯ СЕРГЕЕВНА, старший преподаватель
Юго-Западный Государственный университет, г. Курск, Россия
(e-mail: dashawolf@yandex.ru)

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В данной статье рассмотрены особенности воздействия строительства на экологию, а также некоторые меры по борьбе с последствиями ведения строительных процессов.

Ключевые слова: урбанизация, строительство, уплотнение почв, обезлесение, строительные отходы, окружающая среда, экология.

Согласно многим исследованиям, урбанизация и формирование крупных городских агломераций являются одними из важнейших тенденций мирового развития. Их развитие ведёт к росту социально-экономических проблем, связанных с перенаселенностью, которые приводят к необходимости создания новой инфраструктуры, площадей, обеспечивающих возможность занятости населения.

В последние десятилетия увеличение темпов развития градостроительной отрасли ведёт к изменению взаимодействия города и природы. Это создаёт условия постоянного совершенствования моделей пространственной организации территории, которые пытаются удовлетворить требованиям и возможностям не только современного общества, но и окружающей среды. Однако антропогенная деятельность в современных городских экосистемах при этом служит источником масштабных негативных воздействий на окружающую среду, что уже приводит природу к потере ее способности к самоочищению. Негативное воздействие на природную среду происходит в течение всего процесса строительства. Так, уже на подготовительных и земляных работах производится организация строительной площадки (выравнивание земельного участка, частичная или полная вырубка зелёных насаждений и др.). [1]

Обезлесение – это серьёзный вызов для окружающей среды, влекущий за собой не только сокращение фауны и флоры. Стремительная вырубка лесных массивов под строительство зданий, сооружений и автомобильных магистралей в районах со сложными геологическими условиями может привести к возникновению оползней и обвалов и как следствие, разрушению построек и гибели людей. Активное уничтожение зеленых насаждений также влечет за собой изменение гидрогеологических условий среды, что в свою очередь запускает процесс изменения рельефа и климата местности.

Динамические и статические нагрузки, возникающие при уплотнении почвы при работе строительных машин, ведении строительных работ по прокладке инженерных сетей, подземных сооружений в свою очередь могут нарушить процесс работы биогеоценоза, что часто приводит к уничтожению видов растений, животных, бактерий, грибов. Уплотнение вызывает также эрозии и отрицательно влияет на физико-химические свойства почв. Важно помнить и о химическом загрязнении, источниками которого являются транспортные средства и строительная техника, утечки и выбросы газа, химических веществ, твердые и жидкие отходы производства и потребления.

Подготовка строительной площадки, как и транспортная работа – это лишь малая часть процесса строительства, влияющая на окружающую среду. Рассматривая цементно-бетонные, сварочные и отделочные работы, можно сделать вывод об их влиянии на экосистему. Запыление атмосферы, выделение вредных газов при сварке, хранение, транспортировка и эксплуатация горючих и легко воспламеняющихся веществ и материалов (лаки, краски, растворители, утеплители, кровельные материалы), а также вибрационные и шумовые воздействия – всё это наносит серьёзный вред микроклимату отдельного района строительства. [2,3]

Для борьбы с такими воздействиями разработаны различные методы, среди которых выделяют установку шумозащитных щитов вокруг строительной площадки, применение пыле- и газоуловителей и т.д. Особое значение необходимо уделять технике безопасности и технологиям хранения и транспортировки опасных и вредных веществ. [4]

Отдельно можно выделить проблему строительного мусора. К нему относятся и строительный бой, образованный при сносе и/или реконструкции зданий традиционным способом, например, с использованием клин-бабы; и упаковочные материалы (полиэтиленовые пленки, пенопласт); и древесные отходы (паллеты, поддоны, стружка, опилки, щепа). Своевременный вывоз строительных отходов не всегда помогает преодолеть последствия загрязнения. Необходимо расширять возможности сортировки такого мусора для его переработки и повторного использования. Сжигание или захоронение отходов строительства наоборот влечёт за собой опасное воздействие на биосферу во всех направлениях – отравление атмосферы, несущих грунтов и подземных вод. [5]

Экологическая составляющая является неотъемлемой частью любого инвестиционно-строительного проекта и её грамотный расчёт не только помогает избежать локального экологического кризиса, но и способствует экономии средств застройщика. Анализ экологической деятельности и ее своевременный мониторинг есть залог успешного развития строительной отрасли.

Список литературы

1. СП 48.13330.2019. Свод правил. Организация строительства. СНиП 12-01-2004
2. Глушенко, Р. С. Рециклинг как метод переработки строительных и полимерных отходов / Р. С. Глушенко, Д. С. Мищенко, Е. В. Зайцев // Ресурсосбережение и экология: агропромышленный комплекс, проектирование и строительство : сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров

и бакалавров, Курск, 21 ноября 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 118-121. – EDN HCSVQR.

3. Мищенко, Д. С. Анализ правил складирования и хранения применяемых в строительстве материалов / Д. С. Мищенко, Н. Е. Толстых // Ресурсосбережение и экология: агропромышленный комплекс, проектирование и строительство : сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 24 ноября 2023 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2023. – С. 290-293. – EDN PGABMB.

4. Морозов, А. В. Основные дефекты при поставке строительных материалов / А. В. Морозов, Д. С. Мищенко // Строительство и реконструкция : Сборник научных трудов 3-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 28 мая 2021 года / Редколлегия: С.В. Дубраков (отв. ред.). – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 312-315. – EDN LSXIOC.

5. [Электронный ресурс]. ВСН 212-85 (Указания по приемке, складированию, хранению и транспортированию основных строительных материалов и изделий на базах комплектации и УПТК строительных организаций) - Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294848/4294848337.htm>

УДК 627.8

ГЛАЗУНОВА ИРИНА ВИКТОРОВНА, к.т.н., доцент
СОКОЛОВА СВЕТЛАНА АНАТОЛЬЕВНА, к.т.н., доцент
ФРОЛИНА ЕКАТЕРИНА АЛЕКСАНДРОВНА, студент
 Российский государственный аграрный университет – МСХА
 имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия
 (e-mail: ivglazunova@mail.ru)

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ ИРРИГАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА РЕКЕ КУБАНЬ

В статье рассматриваются гидрологические особенности водохранилищ ирригационного назначения на реке Кубань. Приведена общая характеристика крупнейших водоёмов, используемых для сельскохозяйственного водоснабжения. Описаны ключевые элементы их гидрологического режима: сезонность водообмена, испарение, режим притока и стока, влияние мелиорации. Отмечены гидроэкологические проблемы, связанные с эксплуатацией водохранилищ, включая эвтрофикацию и засоление. Сделан акцент на необходимости перехода к адаптивному управлению водными ресурсами с учётом климатических изменений и экологических ограничений.

Ключевые слова: ирригационные водохранилища, водный режим, сезонность стока, испарение, мелиорация, качество воды, гидроэкология, водопользование.

Река Кубань является одной из крупнейших рек юга России и обеспечивает водными ресурсами аграрные районы Краснодарского края, Республики Адыгея, Карачаево-Черкесии и Ставропольского края. В связи с высокой водопотребностью региона, особенно в период вегетационного полива, в бассейне Ку-

бани создана разветвлённая система водохранилищ и каналов ирригационного назначения [1].

Ирригационные водохранилища не только аккумулируют весенний сток, но и перераспределяют воду в межень для нужд сельского хозяйства. Их эксплуатация оказывает значительное влияние на водный режим Кубани, а сами водохранилища подвержены сложным гидрологическим процессам, определяемым сезонностью, колебаниями притока, испарением и мелиоративной нагрузкой [2, 3]. Цель данной статьи – рассмотреть гидрологические особенности водохранилищ ирригационного назначения на реке Кубань и оценить факторы, определяющие их функционирование.

На реке Кубань и её притоках расположено несколько крупных и средних водохранилищ, использующихся в ирригационных целях. К числу наиболее значимых относятся:

- Краснодарское водохранилище – крупнейшее на реке Кубань, создано в 1973 году, регулирует сток и обеспечивает водоснабжение орошаемых земель и городов;
- Шедокское и Тиховское водохранилища – меньшего объёма, используются для локального орошения и регулирования стока в засушливый период;
- Новотитаровское и другие пруды-накопители – выполняют функции распределения воды в сети оросительных систем.

Все эти водоёмы объединены в ирригационный каскад и связаны с системой Кубано-Егорлыкского канала и другими распределительными сооружениями. Их работа подчиняется задачам оптимального распределения водных ресурсов в условиях климатической неустойчивости [4-6].

Основные гидрологические характеристики ирригационных водохранилищ на Кубани включают:

1. Сезонность водообмена

Весеннее половодье (апрель-июнь) формирует основной объём притока, за счёт которого осуществляется наполнение водохранилищ. В летний период наблюдается интенсивный водоотбор на орошение, что ведёт к понижению уровня воды, особенно при дефиците осадков. Осенне-зимний период сопровождается относительно стабильным уровнем, за исключением аномальных паводков.

2. Роль испарения

Высокие температуры в летние месяцы приводят к значительным потерям воды через испарение, особенно на мелководных участках. Для Краснодарского водохранилища потери на испарение могут достигать 150-200 мм в месяц, что требует учёта при планировании водоотбора.

3. Режим притока и стока

Приток в водохранилища определяется гидрологией самого водосбора Кубани и притоков (Большой Зеленчук, Малый Зеленчук, Уруп и др.). Водоохранилища играют роль буфера, сглаживая резкие колебания стока. Однако в засушливые годы поступление воды может быть недостаточным для полного удовлетворения нужд сельского хозяйства.

4. Влияние мелиорации

Ирригационные системы влияют на качество воды в водохранилищах за счёт возвратного дренажа и накопления минеральных соединений. Повышение минерализации и биогенных веществ в летний период связано с интенсивным водооборотом, особенно в малопроточных водоёмах [7,8].

Ирригационные водохранилища Кубани испытывают давление антропогенной нагрузки, связанной с сельским хозяйством и водопользованием. Снижение водности реки, засоление почв и эвтрофикация – типичные проблемы, затрагивающие экосистему водоёмов. Кроме того, изменение естественного режима стока Кубани ведёт к снижению биоразнообразия и нарушению воспроизводства рыбных ресурсов.

В современных условиях особое внимание уделяется разработке режимов экологического водопотребления, поддержанию минимально допустимых уровней воды в водохранилищах и применению технологий водосбережения.

Гидрологические особенности ирригационных водохранилищ на реке Кубань определяются как природными, так и антропогенными факторами. Их функционирование требует баланса между задачами водоснабжения агропромышленного комплекса и сохранением водных экосистем. Учитывая нарастающие климатические риски и дефицит водных ресурсов, необходимо совершенствование методов управления водохранилищами, внедрение мониторинга и адаптивных стратегий водообеспечения на основе интегрированного водного менеджмента.

Список литературы

1. Бандурин, М. А. Проблемы водопользования бассейна реки Кубань и пути их решения / М. А. Бандурин, А. С. Романова, Т. В. Гераськина // Строительство и природообустройство: наука, образование и практика : Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти заслуженного мелиоратора РФ, доктора технических наук, профессора И. С. Алексеяко, Благовещенск, 18 октября 2023 года. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. – С. 121-126. – EDN VYAMSA.
2. Водохозяйственная система с территориально-временным регулированием стока / Л. Д. Раткович, И. В. Глазунова, С. А. Соколова, В. Н. Маркин. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – 70 с. – ISBN 978-5-9675-1753-2. – EDN LKHNAU.
3. Маркин, В. Н. Комплексное использование водных ресурсов и охрана водных объектов / В. Н. Маркин, Л. Д. Раткович, С. А. Соколова. – Москва : ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. – 312 с. – EDN KBSSPX.
4. Раткович, Л. Д. Оптимизационный алгоритм управления водными ресурсами водохранилищ для обоснования диспетчерских графиков / Л. Д. Раткович, С. А. Соколова, М. Муалла // Природообустройство. – 2024. – № 4. – С. 99-107. – DOI 10.26897/1997-6011-2024-4-99-107. – EDN PXGZGP.
5. Велиев, И. Г. Имитационное моделирование регулирования стока ирригационным водохранилищем в условиях маловодья / И. Г. Велиев, В. В. Ильинич, А. В. Перминов // Природообустройство. – 2020. – № 4. – С. 106-111. – DOI 10.26897/1997-6011/2020-4-106-111. – EDN UNEDMQ.
6. Волосухин, В. А. Изменение климата: причины, риски для водохозяйственного комплекса Краснодарского края / В. А. Волосухин, М. А. Бандурин, И. А. Приходько // Природообустройство. – 2022. – № 4. – С. 50-56. – DOI 10.26897/1997-6011-2022-4-50-56. – EDN OKIGJZ.

7. Кирейчева, Л. В. Развитие мелиораций в России при различных сценариях изменения климата / Л. В. Кирейчева, И. В. Глазунова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 3. – С. 8-11. – EDN TWQUBB.

8. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024623419 Российской Федерация. «Локальные мелиоративные мероприятия и сооружения на водосборах рек и их влияние на земельные и водные ресурсы» : № 2024622953 : заявл. 09.07.2024 : опубл. 06.08.2024 / И. В. Глазунова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева». – EDN GCXJVE.

ОРЛОВА МАРИНА АЛЕКСАНДРОВНА, к.п.н., доцент

ИРАЛИЕВА ЮЛИЯ СЕРГЕЕВНА, к.с.-х.н., доцент

Самарский государственный аграрный университет, г.Самара, Россия

e-mail: ma_orlowa@mail.ru

ПРОБЛЕМА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА (В Т.Ч. НА ПРИМЕРЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ)

В данной статье анализируются статистические данные по производственному травматизму РФ за предыдущий (2024) год с целью выявления его основных причин и разработки перспективных путей минимизации.

Ключевые слова: травматизм, безопасность, условия труда

Актуальность проблемы производственного травматизма подтверждается проведенной в РФ (сентябрь 2025г) очередной «Всероссийской неделей охраны труда 2025 года». Вполне логична, и основная стратегическая тема деловой программы данной ВНОТ 2025 года, которая обозначена в тематике «Народосбережение – гарантия устойчивого развития». Как отмечает зампреда правительства РФ - от эффективности используемых лучших практик и технологий будет зависеть устойчивое развитие экономики в стране, ну и как следствие, благополучие каждого гражданина России. Тема данной ВНОТ обоснована с учетом статистических данных по травматизму в РФ по итогам 2024 года, а также по производственному травматизму за 8 месяцев текущего 2025 года. Кроме того, Татьяной Голиковой отмечается, что в России развивается «превентивно-профилактическая модель здоровья и сбережения работников». При этом уточняется, что на фоне реализации различных корпоративных программ, одной из которых является профилактика профессиональных заболеваний, увеличивается и финансовое обеспечение предупредительных мер в 2025 году. Сумма которых на 33 процента превышает показатели 2024 года [1,2].

Проблема производственного травматизма и профзаболеваний сохраняет свою значимость из года в год. Об этом свидетельствует уже десятый юбилейный форум, объединивший своей тематикой актуальностью порядка 10 тысяч участников, представленный 89 регионами РФ и 26 странами. При этом не осталось в стороне от решения проблемы ни представителей власти и бизнеса, ни научного и общественного сообществ. Участники порядка 1800 компаний

объединив усилия искали перспективный вектор «Народосбережения» и пути его достижения. Как было отмечено Министром труда и социальной защиты РФ (Антон Котяков), подобные площадки ВНОТ представляют «лучшее место для диалога и выработки решений» по насущным вопросам и проблемам.

Центральным событием стала Стратегическая пленарная сессия, в фокус которой попали прежде всего системные вопросы повышения производительности труда через призму обеспечения безопасности. Кроме того, в зоне обсуждения оказались и планируемые меры по снижению профессиональных рисков через осознание и создание культуры профилактики на производстве.

В контексте проблематики имеет смысл упомянуть и первый форум проведенный весной 2025 года под названием «Россия и мир: тренды здорового долголетия». Статусность данного мероприятия подтверждается представительством всех субъектов Российской Федерации. По причине вполне логичного и планируемого симбиоза решения в тематике заявленного тренда. Соответственно площадка форума была представлена не только учеными, врачами и экспертами в области здравоохранения, но и политиками, а также представителями ведущих производителей продуктов в контексте здорового питания и других заинтересованных данной проблемой лиц. Именно подобного рода форумные площадки способствуют выработке «консолидированных решений по актуальным вопросам обеспечения безопасных условий труда и сохранения здоровья работников» [4].

Актуальность вышеперечисленных мероприятий вполне логична на фоне статистики по производственному травматизму и профзаболеваниям в РФ. По данным СФР в 2024 году было зарегистрировано 33774 несчастных случая на производстве, кроме того, было впервые установлено профессиональное заболевание у 4438 работающих. По сравнению с 2023 годом количество несчастных случаев на производстве увеличилось на 7,4%, что не может не вызывать озабоченности в государстве этой проблемой. При этом увеличение количества несчастных случаев на производстве в 2024 году в сравнении с 2023 годом наблюдается в большинстве федеральных округов. Необходимо отметить о динамике прироста несчастных случаев и в новых субъектах РФ, таких как ДНР на 24,8%, Херсонской области в 3,8 раза, Запорожской области на 28,1%. В Приволжском округе, говоря о Самарской области увеличение произошло на 6,5%. В целом можно констатировать увеличение количества несчастных случаев (связанных с производством) в 57 субъектах Российской Федерации [3,5].

В 2024 году увеличение показателя по коэффициенту частоты несчастных случаев на производстве произошло до 0,69 с величины 0,65. В целом данный показатель увеличился в 6 федеральных округах (в том числе в 54 субъектах Российской Федерации, включая Приволжский (Самарская область)). Необходимо упомянуть и об увеличении коэффициента тяжести несчастных случаев, с величины 50,5 до значения 53,3. По статистическим данным рост показателя произошел в 6 федеральных округах (в том числе в 45 субъектах Российской Федерации, включая Приволжский округ) и в 4 новых субъектах Российской Федерации. В РФ в 2024 году отмечается увеличение групповых несчастных

случаев на 12,9%, при этом число несчастных случаев со смертельным исходом выросло на 5,4%. Безусловно проблема производственного травматизма имеет место быть. Если вести речь об общей структуре причин несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями, в 2024 году, то очевидно преобладание несчастных случаев, обусловленных причинами организационного характера и свойственными для РФ «человеческим фактором». При этом распределение несчастных случаев представлено в следующем процентном соотношении в общей структуре: необеспечение контроля со стороны руководителей и специалистов подразделения за ходом выполнения работы и соблюдением трудовой дисциплины (61,5%); недостатки создания и обеспечения функционирования СУОТ (11,0%); нарушения в допуске к работам с повышенной опасностью (9,0%) [3,5].

В 2024 году (в сравнении с 2023г) увеличилось количество несчастных случаев на производстве со смертельным исходом на 5,4%. При этом необходимо учитывать и категории риска. Для категории умеренного риска увеличение составило 17,7%, а для категории низкого риска даже на 18,9%.

В Приволжском федеральном округе в 2024 году произошло увеличение и запросов только на проведение оценки качества проведения специальной оценки условий труда в 25,4 раза, а на проведение оценки фактических условий труда – на 61,9%. В Самарской области обращений по качеству проведения специальной оценки условий труда составило 446 обращений (2023 год-9 обращений). Это подтверждает заинтересованность работающих в безопасности своего труда.

Если анализировать долю субъектов Российской Федерации, которые полностью смогли выполнить запланированные на 2024 год мероприятия по охране труда, то показатели варьируются (зависимость от направления): 34,1% «Совершенствование нормативной правовой базы субъекта Российской Федерации в области охраны труда»; 75,3% «Информационное обеспечение и пропаганда охраны труда», что позволяет в очередной раз задуматься о причинах такового цифрового дисбаланса.

Необходимо отметить, что большая работа проводится в субъектах РФ: для освещения вопросов охраны труда в 80 субъектах задействованы интернет-ресурсы, а для получения консультативной и методической помощи в 70 регионах функционируют справочные окна; в 65 субъектах не только готовят, но и издают региональные доклады, а в 53 субъектах – обзоры или информационные бюллетени о состоянии условий и охраны труда; в 40 субъектах выпускаются различные справочники по наиболее актуальным вопросам охраны труда; в 60 субъектах методические пособия и рекомендации в 58 субъектах; сборники материалов конференций в 26 субъектах РФ. Кроме того по данным органов исполнительной власти в стране проводится обучение по направлению «Техносферная безопасность» в 187 вузах РФ, и как следствие подготовлено в 2024 году 8470 специалистов по охране труда, что на 1273 человека больше, чем в предыдущем году и не может не радовать, так как расширяется перспектива в контексте

снижения производственного травматизма (профзаболеваний), посредством привлечения профильных специалистов в отрасли экономики. Тем более данная динамика происходит на фоне Экономических потерь и издержек, которые увеличились во всех федеральных округах: в частности, в Приволжском округе на 27716,3 млн. руб. [3,5].

Говоря о проблеме производственного травматизма на примере Самарской области необходимо уточнить, что если общее количество несчастных случаев с тяжелыми последствиями за 8 месяцев 2025 года осталось прежним (сравнение с 2023 г), то количество смертельных несчастных случаев увеличилось почти на 16 %. И самое важное: почти на 21% увеличилось общее количество погибших. [3,5].

В сложившихся условиях производства для решения приоритетных целей по обеспечению безопасности на производстве возможно вести речь о целесообразности ужесточения ответственности для работодателей, уклоняющихся от контрольно-надзорных мероприятий (236 ФЗ). Кроме того, предусмотрена ответственность за непроведение специальной оценки условий труда. (ч. 2 ст. 5.27.1 КоАП РФ). А также вступивший в силу с 1 сентября 2025 года Приказ Минздрава 258н, определивший новые «Правила проведения экспертизы связи заболевания с профессиональной деятельностью», устанавливающий новые подходы к выявлению и расследованию профзаболеваний.

С учетом выше сказанного можно выразить полную солидарность с Татьяной Голиковой, в идеи по «Народосбережению», которая представляет собой не абстрактную цель, а конкретную работу по внедрению современных стандартов безопасности на каждом отдельно взятом рабочем месте. Таким образом обозначенная актуальность задачи по укреплению человеческого капитала может быть достигнута в свете реализации новых национальных проектов, поддерживаемых платформой современного нормативно правового законодательства в сфере охраны труда.

Список литературы

1. Безопасность - в наших руках: профилактика производственного травматизма! <https://git63.rostrud.gov.ru/news/1645762.html>
2. Стартвала Всероссийская неделя охраны труда 2025 <https://git63.rostrud.gov.ru/news/1626036.html>
3. Производственный травматизм за 8 месяцев 2025 года в организациях Самарской области <https://git63.rostrud.gov.ru/news/1589957.html>
4. Демографическое самочувствие регионов России. Национальный демографический доклад – 2024 / Т. К. Ростовская, А. А. Шабунова [и др.]; – Вологда: Вологодский научный центр РАН, 2025. – 385 с.
5. Результаты мониторинга состояния условий и охраны труда в Российской Федерации в 2024 года https://eisot.rosmintrud.ru/attachment/rezul_taty_obshtcherossiiskogo

САДОВА ВЛАДЛЕНА АНАТОЛЬЕВНА, магистрант

Научные руководители –

ХАНОВ НАРТМИР ВЛАДИМИРОВИЧ, д.т.н., профессор

ЖУКОВА ТАТЬЯНА ЮРЬЕВНА, старший преподаватель

Российский государственный аграрный университет – МСХА

имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Vkamushkina22@mail.ru

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Статья посвящена гидротехническим сооружениям, которые играют ключевую роль в обеспечении функционирования водного транспорта, включая шлюзы, плотины, каналы и причалы.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, водный транспорт, судоходства, водные объекты, проектирование, экосистема.

Гидротехнические сооружения водного транспорта представляют собой важнейшую составляющую инфраструктуры, обеспечивающую эффективное функционирование водных путей и способствующую развитию экономики страны. Эти сооружения включают в себя различные конструкции, такие как шлюзы, дамбы, каналы, причалы и другие объекты, которые играют ключевую роль в организации судоходства, управлении водными ресурсами и защите от наводнений. В условиях современного мира, когда вопросы экологии, устойчивого развития и рационального использования природных ресурсов становятся все более актуальными, изучение гидротехнических сооружений приобретает особую значимость.

Основные принципы проектирования гидротехнических сооружений базируются на комплексном подходе, который учитывает не только технические и экономические аспекты, но и экологические, социальные и культурные факторы. Проектировщики должны учитывать множество условий, включая геологические, гидрологические и климатические характеристики территории, а также потребности пользователей и местных сообществ. Важно, чтобы проектирование гидротехнических сооружений осуществлялось с учетом современных технологий и инновационных решений, что позволит повысить их эффективность и безопасность [1, 4].

Типы и функции гидротехнических сооружений разнообразны. Каждое сооружение выполняет свою уникальную роль в системе водного транспорта. Например, шлюзы обеспечивают преодоление перепадов высот на реках, позволяя судам беспрепятственно проходить через сложные участки. Дамбы и плотины защищают прибрежные территории от наводнений, а каналы обеспечивают более короткие и безопасные пути для судоходства. Причалы, в свою очередь, служат местами для загрузки и разгрузки грузов, а также для стоянки судов. Каждое из этих сооружений требует тщательного проектирования и регулярно-

го обслуживания, что в свою очередь порождает ряд проблем, связанных с эксплуатацией и техническим состоянием объектов [5].

Проблемы эксплуатации и обслуживания гидротехнических сооружений являются одной из ключевых тем, требующих внимания специалистов. С течением времени конструкции подвергаются воздействию различных факторов, таких как коррозия, осадка, изменения уровня воды и другие. Это может привести к ухудшению их функциональности и безопасности. Периодические обследования, техническое обслуживание и модернизация гидротехнических сооружений становятся необходимыми мерами для обеспечения их надежной работы. Важно также учитывать, что многие сооружения были построены десятилетия назад, и их проектные решения могут не соответствовать современным требованиям и стандартам [6].

Влияние гидротехнических сооружений на окружающую среду является еще одной важной темой, которая требует глубокого анализа. Строительство и эксплуатация таких объектов могут оказывать значительное воздействие на экосистемы, изменяя естественные водные режимы, нарушая миграцию рыб и других водных организмов, а также влияя на качество воды. Поэтому в процессе проектирования и эксплуатации гидротехнических сооружений необходимо учитывать экологические аспекты и разрабатывать меры по минимизации негативного воздействия на природу. Это может включать в себя создание экологических коридоров, внедрение технологий по очистке сточных вод и другие инициативы, направленные на сохранение биоразнообразия [3].

Перспективы развития гидротехнических сооружений также представляют собой важную область исследования. В условиях глобальных изменений климата, роста населения и увеличения потребности в ресурсах, необходимо искать новые решения для эффективного управления водными ресурсами и обеспечения устойчивого развития водного транспорта. Инновационные технологии, такие как автоматизация процессов, использование альтернативных источников энергии и внедрение систем мониторинга, могут значительно повысить эффективность и безопасность гидротехнических сооружений. Кроме того, важно развивать международное сотрудничество в области проектирования и эксплуатации гидротехнических объектов, что позволит обмениваться опытом и лучшими практиками [2].

Таким образом, гидротехнические сооружения водного транспорта представляют собой сложные и многофункциональные объекты, которые требуют комплексного подхода к проектированию, эксплуатации и охране окружающей среды. Важно, чтобы все заинтересованные стороны – государственные органы, проектировщики, эксплуатационные компании и общественность – работали совместно для достижения общих целей. Это позволит не только повысить эффективность водного транспорта, но и сохранить природные ресурсы для будущих поколений. В заключение, можно сказать, что успешное развитие гидротехнических сооружений зависит от нашего умения находить баланс между экономическими интересами и защитой окружающей среды, что является основой устойчивого развития в условиях современных вызовов.

Список литературы

1. Абрамов В. В. Гидротехнические сооружения как объект недвижимости // Бизнес, менеджмент и право. – 2005.
2. Абрамова В. Н., Ботнарюк М. В. Состояние и перспективы развития морского и внутреннего водного транспорта России // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2014.
3. Амашукели С. А. Правовой режим гидротехнического сооружения как элемента водохозяйственной системы // Актуальные проблемы российского права. – 2021.
4. Богославчик П., Круглов Г. Проектирование и расчеты гидротехнических сооружений. – Litres, 2019
5. Выставкина Е. В. Назначение гидротехнических сооружений, 2022.
6. Грачев М. В., Шепелин Г. И. Проблемы и перспективы развития пассажирских перевозок на внутреннем водном транспорте России // Символ науки. – 2021.

Транспортные системы и эксплуатация машинно-тракторного парка АПК и ПГС

КРУПЧАТНИКОВ РОМАН АНАТОЛЬЕВИЧ, д.т.н., профессор,
Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова
г. Курск, Россия
(roman0406@yandex.ru)

АНАЛИЗ ГРУЗОБОРОТА АВТОМОБИЛЕЙ В ХОЗЯЙСТВЕ

В данной статье показано, что при существующих в настоящее время автомобильных дорогах желательно быстро и своевременно произвести расчеты экономических характеристик автомобилей хозяйствами, исходя из нагрузочных характеристик двигателей загрузки автомобилей и состояния дорог.

Ключевые слова: анализ, состояние, контроль, оценка, показатели.

В сельском хозяйстве, как и в других отраслях народного хозяйства, большое значение уделяется вопросу снабжения топливом автомобильного транспорта. В хозяйствах, колхозах и совхозах одной из важнейших проблем является правильный учет и контроль расхода топлива автомобильным транспортом при внутрихозяйственных и внешних перевозках грузов.

При переходе к рыночным отношениям цены на бензин и дизельное топливо повышаются, поэтому, в целях снижения накладных расходов на производство продукции сельского хозяйства, руководители сельскохозяйственных предприятий должны конкретно знать количество топлива, которое потребляет их автотранспорт на конкретный маршрут [1].

Как принято в хозяйствах, при выдаче топлива руководствуются линейными нормами расхода топлива на 100 км пробега для определенных марок и моделей автомобилей. В руководстве по нормированию расхода топлива приводятся случаи, когда эти линейные нормы можно увеличить: при работе в зимнее время до 10%, в черте города до 10%, при работе 2000 на дорогах со сложным планом до 10%, при работе в карьере в период сезонной распутицы, снежных или песчаных заносов до 35% не более одного месяца и т. д. Запрещается применение различных добавок на одном и том же маршруте. Но для сельского хозяйства эти правила носят рекомендательный. Однако ни в каких правилах, руководствах и рекомендациях нет оговорок, как меняются линейные нормы расхода топлива в зависимости от загрузки автомобилей и категории дорог. Эти изменения четко видны в экономической характеристике времени автомобиля [2].

При существующих в настоящее время дорогах желательно быстро и своевременно произвести расчет экономических характеристик автомобилей всеми хозяйствами, исходя из нагрузочных характеристик двигателей, загрузки автомобилей и состояния дорог. Это необходимо в целях контроля расхода топлива и обеспечения его экономии.

Первые шаги в этом направлении были сделаны в хозяйствах. Работы в этой области показали, что максимальный расход топлива отмечается на внутрихозяйственных перевозках. Это происходит потому, что внутренние дороги представляют собой зачастую укатанную земляную поверхность или улучшенную гравийным покрытием. И в период дождей, особенно весенне-осеннюю распутицу, такие дороги становятся непроходимыми, продвигаться по ним можно лишь с помощью трактора. Поэтому необходимо наращивать темпы строительства автомобильных дорог, особенно тех, которые связывают центральные усадьбы колхозов и совхозов с производственными центрами хозяйств, а также с административными центрами районов.

Результаты расчетов экономических характеристик автомобилей, используемых хозяйством, полностью груженого, груженого наполовину и порожнего при передвижении по асфальтированному шоссе ($\phi=0,015$), гравийно-щебеночной дороге ($\phi=0,025$), грунтовой сухой дороге ($\phi=0,03$), грунтовой дороге после дождя и укатанной снежной дороге ($\phi=0,04$). затраты мощности на преодоление дорожных сопротивлений, на преодоление сопротивления воздуха.

В одном из хозяйств был изучен расход топлива автомобилями при передвижении на участке, протяженностью 100 км и дороге внутри-Хозяйственного значения протяженностью 5 км. Было рассмотрено несколько вариантов [3, 4, 5, 6].

В первом варианте изучался расход топлива автомобилем на дороге протяженностью 100 км, включающей участки с асфальтовым покрытием, гравийным и сухим грунтовым. Для полностью груженого автомобиля перерасход составил от 5 до 15 литров на 100 км; для автомобиля, груженого наполовину, - до 8-10 литров, для порожнего автомобиля в зависимости от состояния дорожного покрытия экономия бензина составила от 1 до 10 литров.

Во втором варианте изучался расход топлива автомобиля на частично обледелой укатанной снежной дороге протяженностью 100 км. В таких условиях линейная норма расхода топлива увеличивается на 10% в соответствии топлива, что с руководством по нормированию расхода делается в хозяйствах. Таким образом, линейная норма становится равной 34,1 литра. Сравнивая действительный расход топлива с линейным, видим, что для автомобиля, груженого наполовину, перерасход составил 4-8 литров, для полностью груженого автомобиля - перерасход более 15 литров, а для порожнего автомобиля получилась разность от 1 до 5 литров.

Необходимо отметить, что при движении автомобиля порожним на четвертой и пятой передачах расход топлива снижается по сравнению с линейной нормой для всех категорий дорог до десяти литров [7, 8, 9].

Приведенный анализ показывает, что наличие таких данных для автомобилей всех марок и моделей, имеющихся каждом конкретном хозяйстве, позволит руководителям хозяйств правильно планировать расход топлива, не завышая преднамеренно километраж.

Проведенный анализ грузооборота автомобилей в хозяйстве показал, что в среднем годовая загрузка автомобилей составляет 45-55% от полной загрузки

машины, что должно вызывать перерасход горючего, учитывая внутрихозяйственные перевозки. Выравнивание же горючего в соответствии с лимитом в хозяйстве производится за счет увеличения километража почти в 2 раза.

Список литературы

1. Совершенствование структуры машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий Плохих Ф.Ю., Крупчатников Р.А. В сборнике: Стандартизация и управление качеством в агропромышленном комплексе. сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 191-195.
2. Эксплуатация машинно-тракторного парка. лабораторный практикум Новиков М.А., Муравьев К.Е., Перцев С.Н. учебное пособие для вузов / Санкт-Петербург, 2024.
3. Эксплуатация машинно-тракторного парка. лабораторный практикум Новиков М.А., Муравьев К.Е., Перцев С.Н. учебное пособие для СПО / Санкт-Петербург, 2024..
4. Основы механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства Бердышев В.Е., Новиков М.А., Смелик В.А., Муравьев К.Е., Фомичев А.И., Криштопа Н.Ю., Герасимова О.А., Перекопский А.Н., Добринов А.В. Учебник для СПО по специальности "Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции" / Санкт-Петербург, 2024.
5. Обоснование системы обслуживания техники, взятой в аренду Крупчатников Р.А., Плохих Ф.Ю. В сборнике: Стандартизация и управление качеством в агропромышленном комплексе. сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 89-92.
6. Повышение надежности тракторов Плохих Ф.Ю., Крупчатников Р.А. В сборнике: Качество продукции в АПК: контроль, управление, повышение, планирование. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 196-198.
7. Совершенствование структуры машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий Плохих Ф.Ю., Крупчатников Р.А. В сборнике: Стандартизация и управление качеством в агропромышленном комплексе. сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 191-195.
8. Сравнительные исследования функционирования картофелеуборочных комбайнов ККУ-2А И КПК-3 Крупчатников Р.А., Дудкин О.Б. В сборнике: Качество в производственных и социально-экономических системах АПК. сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 115-117.
9. Обоснование оценок тракториста на конструктивное совершенствование техники Крупчатников Р.А., Дудкин О.Б. В сборнике: Технологии, машины и оборудование для проектирования, строительства объектов АПК. сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Курск, 2025. С. 135-129

Электроэнергетика и электротехника в АПК и ПГС

ДЕРЯБИН ДМИТРИЙ НИКОЛАЕВИЧ, магистрант
КОНЯЕВА НАТАЛЬЯ ИВАНОВНА, преподаватель
КОНЯЕВ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, к.т.н., доцент

Курский государственный аграрный университет имени И. И. Иванова

ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ЛИНЕЙНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Приведено описание наиболее распространенных и применяемых в системах освещения осветительных установок. Рассмотрены осветительные системы на основе линейных люминесцентных светильников, применяемые в животноводческих помещениях. Предложены мероприятия по модернизации люминесцентных светильников посредством замены люминесцентных ламп на светодиодные.

Ключевые слова: осветительная установка, кривая силы света, светораспределение, лампа, источник света, рассеиватель, дуговой разряд.

Для обеспечения нормированной освещенности в производственных, жилых, общественных и животноводческих помещениях используют искусственные системы освещения. Наиболее распространенными и часто применяемыми из осветительных установок можно считать подвесные, потолочные и настенные светильники с равномерным светораспределением, оснащенные осветительными лампами общего назначения; компактными энергосберегающими люминесцентными лампами с фигурной колбой; линейными трубчатыми люминесцентными лампами низкого давления; ртутно-дугowymi лампами высокого давления типа ДРЛ и ДРВЛ; натриевыми дугowymi лампами типа ДНаТ или металлогалогенными типа ДРИ. В основном приведенные осветительные установки имеют косинусное или равномерное светораспределение и форму кривой силы света типа Д и М [1,2,3,4]. Известно по некоторым данным, что на светильники, использующие лампы накаливания, приходится 32% от общего парка осветительных приборов в России, доля осветительных установок, оснащенных линейными люминесцентными лампами составляет около 30%, на дуговые ртутные лампы высокого давления приходится 8%, на компактные люминесцентные лампы - почти 6% и светодиодные источники света - 20%.

Линейные люминесцентные светильники – это осветительные приборы, оснащенные искусственными источниками света в виде люминесцентных трубчатых (линейных) ламп, которые имеют форму прямой трубки, и устанавливаются в светильник вдоль продольной оси светильника.

В качестве примера использования линейных люминесцентных светильников в животноводческих помещениях могут служить светильники типа ЛСП и ПВЛМ, показанные на рисунке 1 [5]. Рассеиватели светильников изготовлены из прозрачного полиметилметакрилата, устойчивого к ультрафиолетовому из-

лучению, который обладает хорошими оптическими свойствами, высокой механической прочностью и легкостью. Такая форма рассеивателя способствует равномерному диффузному распределению светового потока, что улучшает эффективность светопередачи.



а) светильник ПВЛМ (ЛСП22); б) светильник ЛСП 41;
 в) светильник ЛСП 44; г) светильник ЛСП 02

Рисунок 1 – Общий вид линейных светильников.

Корпус светильников изготовлен из высокопрочного полистирола серого цвета и снабжен прочными защелками для герметичного соединения с рассеивателем. Отражатель выполнен из листовой стали и окрашен в белый цвет с применением технологии порошковой покраски, что обеспечивает долговечность и высокие отражающие свойства.

Данные светильники имеют световой КПД равный не менее 60% и кривую силы светораспределения типа Д (косинусная).

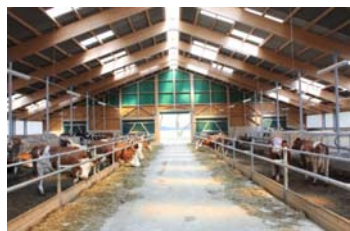
Таблица 1 - Техническая характеристика люминесцентных ламп

Тип	Расчетное сети напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм
ЛБ-30	220	30	2020
ЛД-30	220	30	1650
ЛБ-40	220	40	3000
ЛД-40	220	40	2300
ЛБ-65	220	65	4600
ЛД-65	220	65	3750
ЛБ-80	220	80	5200
ЛД-80	220	80	4250

Такие осветительные приборы оснащаются линейными источниками света, в форме трубчатых люминесцентных ламп низкого давления типа ЛБ или ЛД. Данные лампы работают от сети питания переменным током напряжением 220 В и частотой тока 50 Гц. Люминесцентные линейные лампы низкого давления, получившие широкое применение в световых приборах, отличаются от ламп накаливания принципом работы, конструктивно и по всем электротехническим характеристикам. В основе действия люминесцентных ламп лежит принцип превращения дугового разряда электрического тока в парах ртути в видимое

оптическое излучение. Основные технические характеристики люминесцентных ламп приведены в таблице 1 [5].

На рисунке 2а показаны коровник с беспривязным содержанием животных, где система освещения выполнена светильниками ЛСП-44, смонтированных рядами над боксами по всей длине помещения. А на рисунке 2.5б коровник с поперечным расположением рядов светильников.



а)



б)

а) продольное размещение светильников; б) поперечное расположение светильников

Рисунок 2 – Коровник с системой освещения на базе светильников ЛСП-44

На территории РФ в настоящее время действует запрет на использование некоторых типов люминесцентных ламп. Это касается компактных люминесцентных ламп (КЛЛ) с цоколем E27 и E14, которые обладают низкой эффективностью и трубчатых люминесцентных ламп с цоколем G13 (T8, T10, T12) с галофосфатным люминофором. Запрет не касается уже установленных люминесцентных ламп - их можно заменить по истечении срока службы. Однако сегодня производство и продажа новых люминесцентных ламп ограничены. Для замены люминесцентных линейных ламп в настоящее время предлагаются светодиодные линейные лампы G13 (T8, T10, T12) [6]. Технические характеристики части таких ламп приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Техническая характеристика светодиодных ламп

Бренд	Модель	Мощность, Вт	Световой поток, лм
Philips	G5 8718696731963 Essential	8	1000
Philips	8718696525074 EcoFit	8	800
Philips	8718696697511 MAS	8	1050
Philips	8718696753606 Essential	8	800
Osram	LED SubstiTUBE Value ST8V-0.6m-8.9W-840-EM	10	800
LED Technology	LT-T8-10-600-NW-C-CM	10	900
ASD	016.3001 LED-T8R-eco 10 Вт	10	900

Estares	ES-LED T8	10	900
Saffit	55058	10	750
Jazzway	PLED T8 - 600GL 10w FROST 4000K 230V/50Hz	10	800
Экономка	ECO_LED_9wT865	9	850
Foton	FL-LED T8-600 10W G13 4000K	10	1000
Volpe	LED-T8-10W/NW/G13/FR/FIX/N	10	900
Feron	LB-213	10	800
Navigator	NLL-T8-11-230-4K-G13	11	1000

С учетом приведенных светотехнических характеристик можно сделать вывод, что данные светодиодные лампы можно использовать для замены, в светильниках, оснащенных линейными люминесцентными лампами. Применение светодиодных ламп необходимо сопоставить с геометрическими параметрами светильников. Из-за высокой световой отдачи (80...120 лм/Вт) применение данных светодиодных линейных ламп по сравнению с существующими лампами люминесцентными будет способствовать экономии электроэнергии и повышению энергоэффективности в системах освещения [7,8,9,10].

Список литературы

1. Коняев Н.В., Назаренко Ю.В. К обзору осветительных установок для животноводческих помещений // Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 53-60.
2. Коняев Н.В., Блинков Б.С., Назаренко Ю.В., Колкнев П.Ю., Злобин А.С. Обзор систем освещения для птицеводческих помещений // В сборнике: Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию А.П.Тарасенко, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора кафедры сельскохозяйственных машин Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, В.И. Оробинского, И.В. Баскакова. 2017. С. 22-30.
3. Коняев Н.В., Колкнев П.Ю., Назаренко Ю.В. Система освещения для птичников // В сборнике: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА. материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. 2016. С. 204-207.
4. Коняев Н.В., Коняева Н.И. К обзору осветительных установок для сооружений защищенного грунта // Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 3 (48). С. 46-52.
5. Морозов Н.Р., Коняев Н.В. К особенностям люминесцентных ламп освещения // В сборнике: Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе. Сборник научных статей 3-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Курск, 2025. С. 423-427.
6. Коняева Н.И., Коняев Н.В., Дорошенко С.С. К качеству светодиодных ламп // В сборнике: Стандартизация и управление качеством в агропромышленном комплексе. сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции. Курск, 2023. С. 99-102.

7. Коняев Н.В., Бузылев С.С. К исследованию линейных светодиодных ламп // В сборнике: РОЛЬ АГРАРНОЙ НАУКИ В УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ АПК. материалы II Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 356-360.

8. Блинков Б.С., Коняев Н.В., Назаренко Ю.В. Новое в освещении коровников // В сборнике: Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства. материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. Министерство сельского хозяйства РФ; Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. 2015. С. 37-40.

9. Коняева Н.И., Коняев Н.В. Универсальная осветительная установка // В сборнике: Аграрная наука - сельскому хозяйству. материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. 2009. С. 70-72.

10. Коняев Н.В., Коняева Н.И. Регулируемый светильник // В сборнике: Инновационная деятельность науки и образования в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор И.Я. Пигорев. 2019. С. 107-111.

11. К обзору осветительных установок для животноводческих помещений/ Коняев Н.В., Назаренко Ю.В.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 53-60.

12. Универсальная система освещения/ Коняев Н.В., Долженков Ю.Ю.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 2 (47). С. 95-102.

13. К обзору осветительных установок для сооружений защищенного грунта/ Коняев Н.В., Коняева Н.И.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 3 (48). С. 46-52.

14. Оптимальная система освещения/ Коняев Н.В., Назаренко Ю.В., Жданов С.И.// В сборнике: Интеграция науки и сельскохозяйственного производства. материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 28-33.

15. Новое в освещении птичников/ Половинкина Н.С., Коняев Н.В.// Региональный вестник. 2016. № 1 (2). С. 39-40.

16. Обоснование системы освещения для птичника/ Коняев Н.В., Назаренко Ю.В., Коняева Н.И., Кошелев А.С., Кашенко С.В.// Региональный вестник. 2017. № 2 (7). С. 9-13.

17. Современное освещение птичников/ Коняев Н.В., Новиков Р.С., Половинкина Н.С.// В сборнике: Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса. материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. 2016. С. 224-228.

18. "Умная" осветительная установка/ Коняев Н.В., Коняева Н.И.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 57.

ЕМЕЦ ДЕНИС ГЕННАДЬЕВИЧ, магистрант
КОНЯЕВА НАТАЛЬЯ ИВАНОВНА, преподаватель
КОНЯЕВ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, к.т.н., доцент

Курский государственный аграрный университет имени И. И. Иванова

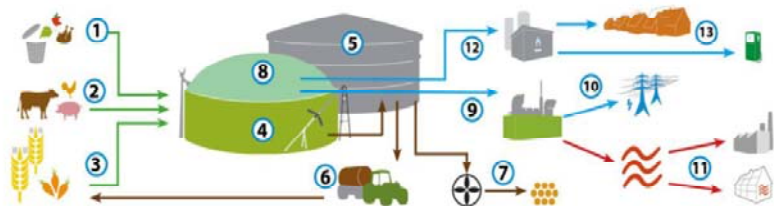
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В АПК

В данной статье описываются современные проблемы энергопотребления в сельскохозяйственном производстве. Приводятся доводы применения альтернативных источников энергии в сельскохозяйственном производстве. Рассмотрены возможности применения биогазовых установок в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: альтернативная энергия, электроэнергия, энергоэффективность, энергетическая система, ресурсы, биоэнергия, биогазовая установка, ферментер, газ.

В настоящее время сельскохозяйственное производство является одной из ведущих отраслей экономики в России. Согласно перспективного плана развития АПК до 2030 года и исполнения политики «продовольственной безопасности» предполагается, что сельскохозяйственное производство и в дальнейшем будет развиваться по пути увеличения количества и качества продукции. По данным источника Росстата в 2024 году было произведено 16,9 млн. тонн мяса (скота и птицы в живом весе). Надои молока увеличились на 0,8% по сравнению с 2023 годом и составили 34,1 млн. тонн. В птицеводстве получили 46,5 млрд. штук яиц. Очевидно, что с ростом продукции, связан и рост производственных мощностей АПК. А это в свою очередь ведет к потреблению энергетических ресурсов. В современном мире сейчас остро стоит вопрос об экономии энергетических ресурсов и это не обошло и нашу страну. Вопрос энергосбережения и энергоэффективности выносятся на первое место и охватывает все производственные отрасли. Вопросы энергосбережения и энергоэффективности решаются несколькими способами [1,2,3]. Одним из перспективных способов уменьшения энергопотребления и снижения цен на энергоресурсы, является применение альтернативных источников энергии. К альтернативным источникам энергии относится солнечная энергетика, ветроэнергетика, энергия отливов и приливов, термальная энергия и биоэнергия [4,5,6,7]. Сельскохозяйственное производство помимо производства необходимых продуктов дает еще много и дополнительной биологической продукции, которая является источником биоэнергии. Поэтому применение биологической энергии в сельскохозяйственном производстве будет обосновано и актуально. Одним из перспективных источников биологической энергии можно считать биогаз [8]. Современное сельскохозяйственное производство характеризуется наличием большого количества отходов биологического характера. Особенно это касается сектора животноводства. Животноводство является источником дополнительной побочной продукции – навоза, который является органическим удобрением и в тоже время представляет экологическую угрозу для окружающей среды. Согласно данным Фе-

деральной службы государственной статистики ежегодно сектор животноводства производит: 163 млн. тонн отходов – от КРС (крупного рогатого скота); 85 млн. тонн – от свиней; почти 6 млн. тонн – от овец и коз; более 15 млн. тонн куриного помета. Открытое хранение навоза и стоков от животноводческих ферм и комплексов приводит к окислению почв, загрязнению грунтовых вод, происходит выброс в атмосферу метана. Поэтому утилизация навоза для любого животноводческого предприятия является актуальным вопросом. Применение биогазовых установок позволит решить данные проблемы и получить дополнительную альтернативную энергию. Принцип работы биогазовой установки изображен на рисунке 1.



1 – сырье от перерабатывающей промышленности; 2 – отходы сектора животноводства; 3 – отходы сектора растениеводства; 4 – ферментер; 5 – хранилище субстрата; 6 – транспортное средство; 7 – тепловентилятор; 8 – купол-сборник газа; 9 – газогенератор; 10 – электрическая сеть; 11 – потребители тепловой энергии; 12 – теплоцентр; 13 – потребители газа.

Рисунок 1 - Принципиальная схема работы биогазовой установки (рисунок из свободного доступа сети Интернет)

Исходным сырьем для работы биогазовой установки служат отходы и побочные продукты сектора растениеводства, животноводства и перерабатывающей продукции 1,2,3. Данное сырье загружается в ферментер 4, который представляет собой закрытую емкость, без воздействия света и кислорода. В ферментере под действием бактерий биоматериал разлагается, в результате чего выделяется смесь газов сероводорода и метана, где последний составляет наибольшую часть. Процесс брожения происходит при температуре не ниже 40 °C, поэтому предварительно сырье подвергается тепловой обработке. Сбродивший субстрат поступает в хранилище 5, откуда транспортными средствами 6 вывозится к местам хранения или вносится как удобрение в почву. Полученный после брожения газ поднимается в купол 8. Далее из купола газ поставляется потребителям. В качестве потребителей могут выступать инфракрасные нагреватели для животноводческих помещений 7, газогенераторы 9, которые преобразуют энергию сгорания газа в электроэнергию и передают ее в электросети 10 и теплосети 11. Через теплопункты есть возможность передавать теплоту для отопления потребителей 13 и газ на бытовые нужды.

Применение биогазовых установок также будет актуально для сельскохозяйственных производств по той причине, что сельскохозяйственные потребители являются разобщенными потребителями и запитывать их от централизованных электрических и тепловых сетей очень дорого. Биогазовые установки одновременно могут служить как источники теплоты, так и источники электрической энергии. Очевидно, что биогазовые технологии решают несколько проблем для сельскохозяйственного производства: получение альтернативной энергии; утилизация органических отходов; получение ценных органических удобрений; сокращение выбросов парниковых газов, предотвращение загрязнения почв и водных ресурсов, улучшение санитарной обстановки. Использование варианта альтернативной биоэнергии позволит снизить общее потребление энергетических ресурсов и энергоемкость при производстве продукции АПК, что будет способствовать энергосбережению и энергоэффективности [9,10].

Список литературы

1. Ильина О.М., Коняев Н.В., Блинков Б.С. Энергосбережение в животноводстве // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 57-60.
2. Грецов А.А., Коняев Н.В. Энергосбережение при производстве продукции животноводства // В сборнике: Молодежь и XXI век - 2021. Материалы XI Международной молодежной научной конференции. В 6-ти томах. Отв. редактор М.С. Разумов. Курск, 2021. С. 247-251.
3. Анненкова А.П., Фомичев Д.В., Коняев Н.В. Ресурсосбережение в сельском хозяйстве // В сборнике: ПОКОЛЕНИЕ БУДУЩЕГО: Взгляд молодых ученых-2019. Сборник научных статей 8-й Международной молодежной научной конференции, в 6-х томах. Ответственный редактор Горохов А.А., 2019. С. 181-184.
4. Познахирев Е. Н., Коняев Н. В. К использованию альтернативной энергии // Проблемы и перспективы развития России: молодежный взгляд в будущее : сборник научных статей 4-й Всероссийской научной конференции, Курск, 14–15 октября 2021 года. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. С. 329-332.
5. Коняев Н.В., Колядин Н.В. Альтернативные системы отопления для сельскохозяйственных объектов // В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 193-198.
6. Безбабных О. В., Коняев Н. В. Солнечная энергия для отопления животноводческих помещений // Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса: Материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 21 декабря 2021 года. Том Часть 1. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. С. 293-299.
7. Худенцов А.Е., Коняев Н.В. Использование альтернативных способов отопления помещений // В сборнике: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА. сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова; Научно-образовательный центр «Инженер». Курск, 2023. С. 232-236.
8. Коняев Н.В., Иванова Е.М. Биоэнергия как альтернативный источник энергии в масштабах агропромышленного предприятия // В сборнике: Инновационная деятельность в модернизации АПК. материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 частях. 2017. С. 235-237.
9. Коняев Н.В., Познахирев Е.Н., Воронин В.В. Тенденция энергопотребления в сельском хозяйстве // В сборнике: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА. сборник научных

статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 88-92.

10. Коняева О.Н., Коняев Н.В. Энергосбережение в сельском хозяйстве // В сборнике: Проблемы развития современного общества. Сборник научных статей 8-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 4-х томах. Под редакцией: В.М. Кузьминой. Курск, 2023. С. 325-328.

11. К обзору осветительных установок для животноводческих помещений/ Коняев Н.В., Назаренко Ю.В.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 53-60.

12. Универсальная система освещения/ Коняев Н.В., Долженков Ю.Ю.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 2 (47). С. 95-102.

13. К обзору осветительных установок для сооружений защищенного грунта/ Коняев Н.В., Коняева Н.И.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 3 (48). С. 46-52.

14. Оптимальная система освещения/ Коняев Н.В., Назаренко Ю.В., Жданов С.И.// В сборнике: Интеграция науки и сельскохозяйственного производства. материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 28-33.

15. Новое в освещении птичника/ Половинкина Н.С., Коняев Н.В.// Региональный вестник. 2016. № 1 (2). С. 39-40.

16. Обоснование системы освещения для птичника/ Коняев Н.В., Назаренко Ю.В., Коняева Н.И., Кошелев А.С., Кашенко С.В.// Региональный вестник. 2017. № 2 (7). С. 9-13.

17. Современное освещение птичников/ Коняев Н.В., Новиков Р.С., Половинкина Н.С.// В сборнике: Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса. материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. 2016. С. 224-228.

18. "Умная" осветительная установка/ Коняев Н.В., Коняева Н.И.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 57.

ИВАНОВА АННА СЕРГЕЕВНА, студент

Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

(e-mail: anssvi@yandex.ru)

ЗНАЧЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ

Энергоэффективность сегодня - это не просто цифры в отчетах, а необходимое условие для развития городов в условиях урбанизации. Без нее невозможно создать комфортное и безопасное городское пространство.

Ключевые слова: энергоэффективность, города, урбанизация, энергия, безопасность.

Энергоэффективность - это стратегия рационального расходования ресурсов, нацеленная на оптимизацию соотношения «затраты/результат». Ее ключевые аспекты включают:

- Снижение энергопотребления без потерь в качестве услуг.
- Применение наиболее экономичных и технологичных решений.

- Соблюдение и превышение экологических стандартов.

Ключевой вызов для современных мегаполисов — экстремально высокое энергопотребление. Городская инфраструктура, призванная обеспечить комфорт миллионов жителей, сама по себе является мощным потребителем ресурсов [1].

Основные статьи расхода энергии включают:

- Коммунальный комплекс: освещение улиц, отопление, вентиляция и кондиционирование зданий.
- Транспортный сектор: работа общественного электротранспорта, светофоров и заправка личного автотранспорта.
- Промышленный сектор: энергообеспечение городских предприятий и производств.

Повышение энергоэффективности становится катализатором устойчивого развития городских пространств, оказывая комплексное положительное влияние на экологию, экономику и качество жизни [2].

Прежде всего, рациональное использование энергии напрямую способствует снижению углеродного следа, что помогает противостоять глобальному изменению климата и уменьшает негативную нагрузку на окружающую среду. С экономической точки зрения, инвестиции в энергосберегающие технологии быстро окупаются за счет значительного снижения расходов на коммунальные услуги и эксплуатацию зданий, высвобождая финансовые ресурсы для развития социальной сферы и инфраструктуры.

Для жителей это означает переход на качественно новый уровень комфорта: современные системы обеспечения микроклимата и грамотное использование естественного освещения создают более здоровую и продуктивную среду обитания.

Одновременно энергоэффективные решения кардинально меняют городскую инфраструктуру - от общественного транспорта до уличного освещения, делая ее более функциональной, экологичной и доступной [3].

Сегодня все больше мегаполисов по всему миру успешно внедряют энергоэффективные решения, превращая их в стандарт городского развития [4]. Одним из ключевых направлений стало строительство «зеленых» зданий, которые проектируются с применением экологичных материалов и передовых технологий, таких как солнечные батареи и системы рекуперации тепла. Яркими примерами служат небоскребы Лондона (The Shard) и Сингапура (CapitaGreen), получившие международные сертификаты LEED и BREEAM за высокие экологические стандарты.

Другим значимым шагом является реализация концепции «умных городов» [5], где информационные технологии оптимизируют управление энергопотреблением. В Барселоне и Сингапуре интеллектуальные сети автоматически регулируют уличное освещение и распределяют электроэнергию, сокращая ее расход на 20-30%. Эти системы не только экономят ресурсы, но и повышают надежность городской инфраструктуры.

Не менее важную роль играет модернизация транспортной системы. Такие города, как Копенгаген и Амстердам, сделали ставку на развитие велосипедной инфраструктуры, в то время как Шэньчжэнь полностью перевел общественный транспорт на электробусы. Эти меры позволили значительно сократить выбросы вредных веществ и энергозатраты на перевозки, улучшив качество городского воздуха.

В заключение важно подчеркнуть, что энергоэффективность - основа устойчивого развития городов, обеспечивающая баланс между экономикой, экологией и качеством жизни. Системное внедрение энергосберегающих решений создает города будущего, отвечающие современным стандартам комфорта и экологической безопасности.

Список литературы

1. Бакаева, Н. В. Функция города "Милосердие" как градообразующий фактор / Н. В. Бакаева, Л. В. Чайковская // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2018. – № 4(79). – С. 50-56. – DOI 10.21869/2223-1560-2018-22-4-50-56. – EDN YQVOIX.
2. Чайковская, Л. В. К вопросу совершенствования правового обеспечения качества городской среды в Российской Федерации / Л. В. Чайковская // Юрист. – 2024. – № 9. – С. 8-12. – DOI 10.18572/1812-3929-2024-9-8-12. – EDN MBJXMP.
3. Tchaikovskaya, L. Calculation of the City Functions Realizability Indicator as a Tool for Deciding on the Rational Provision of a Land Plot for Construction / L. Tchaikovskaya, A. Shleenko, V. Pakhomov // Modern Problems in Construction : Selected Papers from MPC 2022, Kursk, 17–18 ноября 2022 года. – Kursk: Springer Nature Switzerland AG, 2024. – P. 9-18. – EDN CLTHDV.
4. BIM-моделирование в России в условиях импортозамещения / Л. В. Чайковская, Э. Э. Джафаров, Д. В. Полторацкий, А. Д. Бороздин // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2023. – № 8(1068). – С. 22-23. – EDN ADISNF.
5. Комплексное развитие территории как фактор повышения качества городской среды / Л. В. Чайковская, И. С. Брагина, Е. И. Четверикова, А. В. Шлеенко // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2024. – № 3(1075). – С. 24-27. – EDN JHIOYF.

КОБЕЛЕВА СОФЬЯ АЛЕКСЕЕВНА, студент

ПАВЛОВ ДМИТРИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ, студент

ПРУДНИКОВ АРТЕМ ЮРЬЕВИЧ, к.т.н.

ЛОГИНОВ АЛЕКСАНДР ЮРЬЕВИЧ, к.т.н., доцент

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,

п. Молодежный, Иркутский район, Россия

(e-mail: a.prudnicov@mail.ru)

ОБЗОР СПОСОБОВ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ОСНОВАННЫХ НА АНАЛИЗЕ ВИБРАЦИИ

В статье рассмотрена вибродиагностика электрических двигателей, условия, при которых диагностика необходима, а также методология этого процесса. Известно, что вибродиагностика основана на анализе спектра, амплитуды вибрации. Позволяет выявить такие неисправности электрических машин, как несоосность валов, повышенный износ подшипника и другие неисправности на ранней стадии, и предупредить серьезные аварии и дорогостоящий ремонт.

Ключевые слова: диагностика, электрооборудование, вибродиагностика, виброускорение.

Вибрации во вращающихся электрических машинах могут быть вызваны особенностями конструкции или эксплуатационными факторами. Причиной вибрации зачастую является несоосное расположение вала двигателя и рабочей машины, износ подшипника [4, 8] и появление в нем повышенных радиальных зазоров. Так же причиной повышенной вибрации могут быть колебания сопряженных механизмов, отсутствие фундамента и т.п. Все эти факторы могут негативно сказаться на производительности электродвигателя и привести к его преждевременному выходу из строя. Как правило, сначала страдают подшипники, а следом за ними и все остальные составные части [1, 2].

Высокий уровень вибрации, само собой, является негативным фактором, который очень сильно сказывается на степени надёжности любого механизма, потому вибродиагностика - это очень важный эксплуатационный процесс [3].

Стоит упомянуть, что вибрационная диагностика, как и любая другая, имеет свои особенности - как положительные, так и негативные. Сами по себе сигналы вибрации выявить достаточно сложно.

Тем не менее, подобного рода диагностики обладает рядом преимуществ (при регулярном проведении процедур, само собой). Среди них:

- сама по себе диагностика занимает очень мало времени, что способствует быстрому и удобному диагностированию и началу ремонта (если он потребует-ся);

- вибродиагностика помогает профессионалам находить неисправность на самой ранней стадии её зарождения, не позволяя разрушить машину целиком и полностью;

- скорейшее выявление наиболее скрытых дефектов и проблем;
 - вибродиагностика очень сильно снижает риск аварийных ситуаций и помогает в процессе эксплуатации электрооборудования.

Стоит упомянуть, что проведение вибродиагностики любого электрооборудования требует высокого профессионализма мастеров и наличия самого нового и современного оборудования [5].

Измерение общего уровня вибрации. Измеряется, в каком положении происходит наиболее сильная виброотдача. В широких частотных диапазонах измеряются среднеквадратичные или же пиковые значения виброускорения механических колебаний.

Далее - метод ударного импульса. Стоит упомянуть, что подобный метод используется не только для диагностики электроприборов. Как правило, это один из видов контроля при определении прочности, твердости и упругости (может применяться, например, по отношению к бетону). Что касается вибродиагностики, то в нашем случае «ударный импульс» применяется для выявления неуравновешенности ротора, несимметрии жёсткости и боя вала.

Сама вибродиагностика также подразделяется на несколько подвидов:

- разовая;
- периодическая;
- внеплановая.

Разовая диагностика подразумевает проведение не чаще двух раз в год. При таких условиях, как правило, электрооборудование останавливают на плановый ремонт. Процедура проводится с целью выявить как можно более точный плановый масштаб предстоящего ремонта, а также то, что для этого понадобится (виды запчастей и т.д.).

Периодичная диагностика, в свою очередь, проводится исключительно один раз в несколько месяцев (в профилактических целях). При условии, если обнаружится какое-либо незначительное увеличение показателей вибрации, проверка участится и будет проводиться ежемесячно [6, 7].

Внеплановую проверку, как не трудно догадаться, назначают, когда в процессе работы у электрооборудования появились подозрения на любую образовавшуюся неисправность. Такая диагностика помогает выявить причину поломки как можно быстрее и останавливает куда более масштабные проблемы связанные с эксплуатацией электрооборудования.

Какое оборудование используется для проведения вибродиагностических процедур? На самом деле, комплексного набора не существует - каждый профессионал использует что-то свое, но, тем не менее, некоторые инструменты повторяются из раза в раз. Все зависит от того, какое именно оборудование предстоит диагностировать. Разберем же некоторые инструменты.

Виброанализаторы. Основной вид приборов для измерения вибрации. Это устройство позволяет быстро и четко определить спектральные характеристики, степень изменения уровней, вибрации и ускорения.

Виброметры. Эти инструменты поддерживают функции стетоскопа, тахометра и пирометра. Для того, чтобы продиагностировать работу подшипников тре-

буется одновременно измерить температуру, уровень вибрации и частоту вращения, в чем виброметр отлично помогает.

Промышленный электронный стетоскоп. Эта технология необходима для определения точного месторасположения источника постороннего шума. Прибор обладает высокой чувствительностью ко всем типам шумового проявления - от скрежета до зацепления одной детали за другую.

Как итог, вибродиагностика - инструмент для обеспечения надёжности и безопасности работы любых промышленных систем. Такой вид диагностики не только обеспечивает стабильную работу, но и открывает новые горизонты для его оптимизации и развития.

Список литературы

1. Баркова, Н. А. Возможности вибрационной диагностики газотурбинных двигателей / Н. А. Баркова, Д. В. Грищенко // Региональная информатика и информационная безопасность : Сборник трудов межрегиональной конференции и Санкт-Петербургской международной конференции, Санкт-Петербург, 24–26 октября 2018 года. Том Выпуск 6. – Санкт-Петербург: Региональная общественная организация "Санкт-Петербургское Общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления", 2018. – С. 206-210.
2. Гук Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике: Учеб. пособие для вузов. - Л.: Энергоатомиздат, 1990. - 208 с.
3. Литвин, А. С. Вибрационные методы диагностики и контроля технического состояния электрических машин переменного тока / А. С. Литвин, Е. А. Чабанов, Е. В. Чабанова // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – 2022. – Т. 1. – С. 237-242.
4. Логинов, А. Ю. Описание процесса изменения частоты вращения ротора асинхронного двигателя с помощью динамического звена второго порядка / А. Ю. Логинов, А. Ю. Прудников // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 81-2. – С. 111-116.
5. Сафиуллин, Р. А. Исследование вибрации асинхронного электродвигателя / Р. А. Сафиуллин, И. Ф. Янгиров // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2021. – Т. 17, № 2. – С. 41-54. – DOI 10.17122/1999-5458-2021-17-2-41-54.
6. Седунин, А. М. Методы вибродиагностики асинхронных электродвигателей / А. М. Седунин, Д. О. Афанасьев, Л. Г. Сидельников // Научные исследования и инновации. – 2011. – Т. 5, № 2. – С. 191-194.
7. Шекян, Г. Г. Принципиальные вопросы вибрационной диагностики асинхронных двигателей / Г. Г. Шекян // Вестник Национального политехнического университета Армении. Механика, машиноведение, машиностроение. – 2019. – № 1. – С. 29-41.
8. Экспериментальная установка для диагностики статического эксцентриситета ротора асинхронных двигателей / А. Ю. Прудников, В. В. Боннет, А. Ю. Логинов, Я. В. Боннет // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2022. – № 45. – С. 13-21.

КУПЛЫГИН ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ, магистрант
КОНЯЕВА НАТАЛЬЯ ИВАНОВНА, преподаватель
КОНЯЕВ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, к.т.н., доцент

Курский государственный аграрный университет имени И. И. Иванова

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В АПК

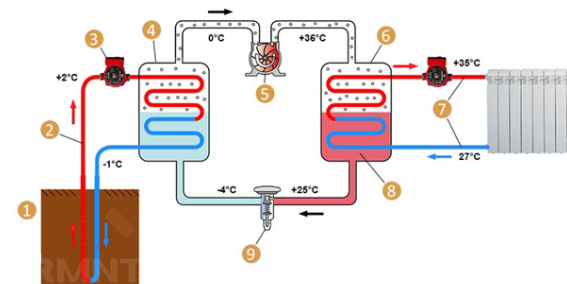
В данной статье описываются современные проблемы в энергетической отрасли. Дано описание устройства и принципа работы тепловых насосов. Рассмотрены возможности применения тепловых насосов в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: температура, электроэнергия, энергоэффективность, энергетическая система, ресурсы, низкопотенциальная теплота, тепловой насос.

В настоящее время во всем мире остро ставится вопрос об экономии топливно-энергетических ресурсов. Современное производство нацелено на потребление большого количества топливно-энергетических ресурсов и с каждым годом потребности в них растут. Современная топливно-энергетическая промышленность не справляется с потребностями производства и в мире ощущается нехватка топливно-энергетических ресурсов и видится «мировой кризис» в энергетической отрасли. Цены на энергоресурсы с каждым годом растут и соответственно увеличиваются цены на всю продукцию и услуги. Из-за этого на первое место выходит вопрос, связанный с энергосбережением и энергоэффективностью. Политика энергосберегающих технологий проходит четкой линией через все отрасли производства. Применение энергосберегающих технологий актуально и для сельскохозяйственного производства. Почти все производственные процессы в АПК электрифицированы и автоматизированы и, следовательно, являются энергоемкими потребителями. Решение проблемы снижения энергопотребления возможно несколькими путями [1,2,3]. В последнее время экономия энергоресурсов актуальна с реализацией политики применения альтернативных источников энергии. Сельскохозяйственное производство характеризуется большой территориальной обособленностью и разобщенностью, что приводит к потерям при передаче энергии по магистральным централизованным линиям. В таких условиях особенно актуальным будет использование альтернативных или возобновляемых источников энергии [4,5]. В последнее время популярны разработки получения энергии на базе тепловых насосов.

Тепловой насос - это оборудование, которое позволяет получить тепловую энергию извне и использовать по назначению в необходимых процессах. Наиболее распространены компрессионные и абсорбционные установки. Абсорбционные установки применяются только для больших объектов. Несмотря на сбивающее с толку название, компрессионные тепловые насосы относятся не к отопительным, а к холодильным устройствам, поскольку работают по тому же принципу, что и любые холодильники или кондиционеры. Отличие теплового насоса от хорошо известных нам холодильных установок в том, что для его ра-

боты требуется, как правило, два контура - внутренний, в котором циркулирует хладагент, и внешний, с циркуляцией теплоносителя [6,7,8].



1 - грунт; 2 - циркуляция рассола; 3 - циркуляционный насос; 4 - испаритель; 5 - компрессор; 6 - конденсатор; 7 - система отопления; 8 - хладагент; 9 - дроссель
 Рисунок 1- Принципиальное устройство компрессионного теплового насоса

Работа теплового насоса состоит из следующих этапов. Вначале происходит нагрев теплоносителя от источника низкопотенциальной теплоты, в нашем случае - это грунт. С помощью циркуляционного насоса 3 теплоноситель (рассол) попадает в теплообменник испарителя 4. Сюда же поступает охлажденный хладагент в жидком состоянии. В испаритель хладагент попадает через отверстие капилляра, и под влиянием быстрого понижения давления он испаряется и переходит в газообразное состояние. Двигаясь по изогнутым трубкам испарителя и контактируя в процессе движения с газообразным или жидким теплоносителем, хладагент получает от него низкотемпературную тепловую энергию, после чего поступает в компрессор. Второй этап работы начинается после компрессора, где хладагент сжимается, при этом резко возрастает его давление, что вызывает повышение температуры хладагента.

Из компрессора горячий хладагент следует по контуру в змеевик конденсатора 6, выступающий в роли теплообменника. Здесь хладагент отдаёт тепло (порядка 80–130 °C) теплоносителю, циркулирующему в отопительном контуре потребителя теплоты. Утратив большую часть тепловой энергии, хладагент возвращается в жидкое состояние. Далее при прохождении хладагента через расширительный клапан (капилляр), расположенный во внутреннем контуре теплового насоса, следующим после теплообменника, остаточное давление в хладагенте снижается, после чего тот поступает в испаритель. С этого момента рабочий цикл повторяется вновь.

Более простой системой обогрева может служить система теплового насоса, работающая по принципу «воздух-воздух». Принцип работы такой системы показан на рисунке 2. Вместо насосов здесь для подачи воздуха используются вентиляторы.

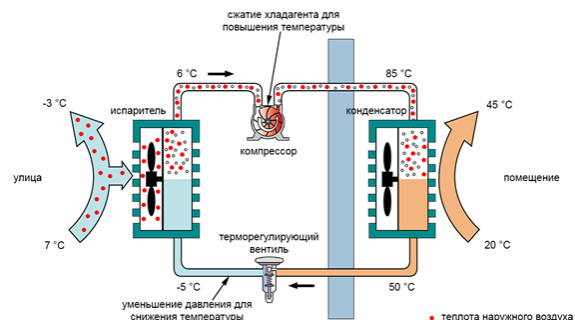


Рисунок 2 - Принцип работы воздушного теплового насоса

Здесь источником низкопотенциальной теплоты служит наружный воздух с улицы. За счет его температуры хладагент нагревается и также как в компрессионной установке попадает в испаритель и далее по ранее описанному алгоритму попадает в компрессор и далее в конденсатор. Помимо воздуха с улицы можно использовать отработанный воздух вентиляционных установок или рекуперативных устройств.

Тепловые насосы по сравнению с классическими нагревательными приборами имеют ряд преимуществ, один из которых - это использование альтернативной бесплатной энергии. Эти устройства обладают низкой энергоемкостью, незначительная часть энергии тратится только на работу компрессора и насосов или вентиляторов. Система отопления на базе теплового насоса может работать в автоматическом режиме, как нагреватель и как кондиционер (охладитель). Использовать тепловой насос можно как отдельно, так и совместно в системе с классическим оборудованием для обогрева. Все это дает возможности применения системы тепловых насосов в сельскохозяйственном производстве как в производственных, так и в бытовых помещениях. Использование альтернативной теплоты для отопления помещений позволит снизить общее энергопотребление и энергоемкость при производстве продукции АПК [9,10].

Список литературы

- Ильина О.М., Коняев Н.В., Блинков Б.С. Энергосбережение в животноводстве // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 57-60.
- Грецов А.А., Коняев Н.В. Энергосбережение при производстве продукции животноводства // В сборнике: Молодежь и XXI век - 2021. Материалы XI Международной молодежной научной конференции. В 6-ти томах. Отв. редактор М.С. Разумов. Курск, 2021. С. 247-251.
- Анненкова А.П., Фомичев Д.В., Коняев Н.В. Ресурсосбережение в сельском хозяйстве // В сборнике: ПОКОЛЕНИЕ БУДУЩЕГО: Взгляд молодых ученых-2019. Сборник научных статей 8-й Международной молодежной научной конференции, в 6-х томах. Ответственный редактор Горохов А.А., 2019. С. 181-184.
- Коняев Н.В., Иванова Е.М. Биоэнергия как альтернативный источник энергии в масштабах агропромышленного предприятия // В сборнике: Инновационная деятельность в модернизации АПК. материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 частях. 2017. С. 235-237.

- Коняев Н.В., Блинков Б.С., Бледнов С.Е. Применение альтернативного источника тепла // В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 182-186.
- Коняев Н.В., Колядин Н.В. Альтернативные системы отопления для сельскохозяйственных объектов // В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 193-198.
- Блинков Б.С., Коняев Н.В., Степашов Р.В., Ивченко Р.Э. Применение тепловой насосной установки для отопления животноводческих помещений // В сборнике: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РОССИИ: МОЛОДЕЖНЫЙ ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ. сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции. Курск, 2020. С. 224-227.
- Худенцов А.Е., Коняев Н.В. Использование альтернативных способов отопления помещений // В сборнике: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА. сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова; Научно-образовательный центр «Инженер». Курск, 2023. С. 232-236.
- Коняев Н.В., Познахирёв Е.Н., Воронин В.В. Тенденция энергопотребления в сельском хозяйстве // В сборнике: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА. сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 88-92.
- Коняева О.Н., Коняев Н.В. Энергосбережение в сельском хозяйстве // В сборнике: Проблемы развития современного общества. Сборник научных статей 8-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 4-х томах. Под редакцией: В.М. Кузьминой. Курск, 2023. С. 325-328.
- К обзору осветительных установок для животноводческих помещений/ Коняев Н.В., Назаренко Ю.В.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 53-60.
- Универсальная система освещения/ Коняев Н.В., Долженков Ю.Ю.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 2 (47). С. 95-102.
- К обзору осветительных установок для сооружений защищенного грунта/ Коняев Н.В., Коняева Н.И.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 3 (48). С. 46-52.
- Оптимальная система освещения/ Коняев Н.В., Назаренко Ю.В., Жданов С.И.// В сборнике: Интеграция науки и сельскохозяйственного производства. материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 28-33.
- Новое в освещении птичников/ Половинкина Н.С., Коняев Н.В.// Региональный вестник. 2016. № 1 (2). С. 39-40.
- Обоснование системы освещения для птичника/ Коняев Н.В., Назаренко Ю.В., Коняева Н.И., Кошелев А.С., Кашенко С.В.// Региональный вестник. 2017. № 2 (7). С. 9-13.
- Современное освещение птичников/ Коняев Н.В., Новиков Р.С., Половинкина Н.С.// В сборнике: Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса. материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. 2016. С. 224-228.
- "Умная" осветительная установка/ Коняев Н.В., Коняева Н.И.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 57.

МЕЛЬНИКОВ АНДРЕЙ АРТЕМОВИЧ, студент

МАКАРЕВИЧ АРТЁМ АЛЕКСЕЕВИЧ, студент

ПРУДНИКОВ АРТЕМ ЮРЬЕВИЧ, к.т.н.

ЛОГИНОВ АЛЕКСАНДР ЮРЬЕВИЧ, к.т.н., доцент

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,

п. Молодежный, Иркутский район, Россия

(e-mail: a.prudnicov@mail.ru)

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Актуальность данной статьи обусловлена необходимостью внедрения современных методов и средств оценки состояния электрического оборудования, которые способны обеспечить высокую степень надежности и безопасности его эксплуатации.

Ключевые слова: Электрическое оборудование, состояния, диагностика, оценка, надёжность.

Современное состояние электрического оборудования в России характеризуется рядом проблем, связанных с его эксплуатацией, особенно в старых многоэтажных домах. Налицо типичные неисправности, причиной которых являются устаревшие коммутационные аппараты. Учитывая значительное старение оборудования, эффективность работы энергетических систем заметно снижается из-за увеличения использования устаревших элементов. Это явление наблюдается на протяжении последних трех десятилетий.

Регулярное техническое обслуживание и плановые осмотры являются важными мерами для предотвращения неисправностей. Следование рекомендациям производителей и системы управления качеством могут значительно снизить риски отказов оборудования [5]. К сожалению, многие организации не уделяют этому должного внимания, что только усугубляет ситуацию.

Недостаточное внимание к современным технологиям диагностики также негативно сказывается на состоянии электрического оборудования. Современное оборудование, применяющееся для оценки состояния активов, не всегда используется в полной мере, что приводит к упущенным возможностям улучшения работы энергосистем [6].

Электрическая диагностика стремится обеспечить точную оценку характеристик изоляции, а также выявление утечки тока и других аномалий. Основные методы этой диагностики включают измерение сопротивления изоляции, определение уровней утечки тока и анализ диэлектрических параметров [4]. Эти методы позволяют не только оценить работоспособность оборудования, но и предотвратить потенциальные разрушения, которые могут возникнуть из-за износа изоляционных материалов.

Контроль состояния электрического оборудования осуществляется не только на базе прямых измерений, но и с помощью косвенных методик, например, пу-

тем анализа данных, полученных из работы системы в процессе эксплуатации. Это делает диагностику более комплексной и учитывающей реальные условия функционирования оборудования. Важно также понимать, что современные технологии предоставляют возможности для диагностики в режиме реального времени, что может существенно сократить время реагирования на потенциальные неисправности [3].

Важно отметить, что применение современных диагностических приборов и технологий требует строгого соблюдения технических стандартов. Это не только повышает надежность систем, но и значительно увеличивает срок службы оборудования. Передовые методы мониторинга и диагностики, следя за состоянием оборудования с помощью специализированных программных решений, позволяют оперативно реагировать на возникающие проблемы [1].

Одним из распространенных инструментов диагностики являются мультиметры (рисунок 1), которые используются для проверки электрических параметров. Это важный элемент любого обслуживания электрооборудования, поскольку он предоставляет данные о напряжении, токе и сопротивлении в реальном времени. Однако использование мультиметров без дополнительного программного обеспечения не позволяет в полной мере реализовать потенциал диагностики.



Рисунок 1 – Мультиметр цифровой MASTECH MS8250A профессиональный

Мультиметр с USB-интерфейсом, автоматическим выбором диапазона измерения, детектором напряжения. В комплекте есть компьютерное ПО с кабелем, что позволяет подключать мультиметр к компьютеру для переноса данных в отчетную документацию.

Профессиональные программно-аналитические пакеты формируют экспертные системы, которые позволяют специалистам анализировать собранные данные и делать выводы о состоянии оборудования, а также определять оптимальные сроки межремонтных периодов и объемы работ по техническому обслуживанию [3].

Современные технологии и программные решения обеспечивают высокую эффективность в области диагностики и мониторинга состояния электрического оборудования. В условиях старения значительной части энергетической инфраструктуры важность применяемых инструментов и программного обеспечения возрастает в разы, так как они позволяют не только оценивать текущее состояние оборудования, но и предсказывать возможные неисправности, планировать техническое обслуживание и повышать общую надежность работы систем [2].

Будущее оценки состояния электрического оборудования охватывает широкий спектр методов и технологий, направленных на обеспечение надежности и безопасности эксплуатации. Одним из главных направлений в этой области является развитие методов предсказательной диагностики, которые позволяют заблаговременно определять проблемы, исключая возможность аварийных ситуаций и снижая риск экономических потерь [1]. Таким образом, интеграция таких систем в рабочих процессах уже становится нормой для многих предприятий.

Системы онлайн-мониторинга (рисунок 2). Они начинают занимать все более весомую позицию в оценке состояния электрического оборудования. Эти системы, осуществляющие сбор и анализ данных в реальном времени, предоставляют оперативную информацию о текущем состоянии оборудования, что позволяет идентифицировать потенциальные неисправности до их возникновения. С помощью датчиков, отслеживающих параметры, такие как температура, вибрация и токи, пользователи могут создать базу для анализа тенденций и раннего реагирования [4].



Рисунок 2 – Система онлайн-мониторинга **MONTESTO 200**

Современные средства оценки состояния электрического оборудования являются неотъемлемой частью эффективного управления электроэнергетическими системами. Их правильное применение и интеграция в процессы эксплуатации и обслуживания оборудования способствуют повышению надежности, безопасности и экономической эффективности работы электрических сетей. В условиях постоянного развития технологий и увеличения требований к качеству электроэнергетических услуг, задача оценки состояния оборудования будет оставаться актуальной и важной на протяжении многих лет.

Список литературы

1. Исследование режимов работы действующих электрических сетей сельскохозяйственных предприятий / И. В. Наумов, С. В. Подъячих, М. А. Якупова [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2024. – № 1(152). – С. 72-90. – DOI 10.24412/2227-9407-2024-1-72-90.
2. Коржова, О. Н. Анализ современных средств диагностики электрического оборудования / О. Н. Коржова // Вестник магистратуры. – 2020. – № 5-5(104). – С. 74-76.
3. Котеленко, С. В. Современные решения диагностики и мониторинга высоковольтного оборудования / С. В. Котеленко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 12. – С. 76-81.
4. Разумов, Р. В. Системы мониторинга высоковольтного энергетического оборудования. Введение / Р. В. Разумов, А. В. Михайлов, М. Ю. Соловьев // Релейная защита и автоматизация. – 2019. – № 3(36). – С. 56-62.
5. Экспериментальная установка для диагностики статического эксцентриситета ротора асинхронных двигателей / А. Ю. Прудников, В. В. Боннет, А. Ю. Логинов, Я. В. Боннет // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2022. – № 45. – С. 13-21.
6. Якупова, М. А. К вопросу о дополнительных потерях электрической энергии в сельских распределительных электрических сетях, напряжением 0,38 кВ / М. А. Якупова, Э. С. Федоринова, И. В. Наумов // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых, п. Молодежный, 26–27 марта 2020 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2020. – С. 322-329.

ПОТАПОВ ВЛАДИМИР СТЕПАНОВИЧ, студент
ПАВЛОВ ДМИТРИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ, студент
ЛОГИНОВ АЛЕКСАНДР ЮРЬЕВИЧ, к.т.н., доцент
ПРУДНИКОВ АРТЕМ ЮРЬЕВИЧ, к.т.н.

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
 п. Молодежный, Иркутский район, Россия
 (e-mail: a.prudnicov@mail.ru)

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

В данной статье рассматриваются методы диагностирования электрооборудования. Диагностирование — это очень важная часть эксплуатации электрооборудования, которая позволяет, контролировать работоспособность оборудования и заблаговременно распознать, и исправить неисправности не доводя допуская аварийного режима.

Ключевые слова: диагностика, электрооборудование, термография, вибро-диагностика, визуально-оптический метод.

Введение. Диагностирование электрооборудования - тема достаточно широкая и разнообразная. Существует множество литературных источников, в которых подробно даётся объяснение данным технологиям, их развитию и прочей способствующей теме информации [3, 4]. В данной работе мы разберём наиболее популярные и распространённые методы работы с электрооборудованием.

Диагностика позволяет специалистам своевременно выявлять всевозможные неисправности. Ведь даже, казалось, самая малозначительная неисправность

может привести к максимальным последствиям (будь то нарушение контакта или простой перегрев). Если говорить в более широких масштабах, то, конечно же, диагностика предотвращает серьезные аварии. Если бы специалисты не следили за исправностью оборудования, то целые жилищные комплексы, а то и города легко могли бы остаться без электричества и тепла. Диагностика, помимо всего прочего, важна и с материальной точки зрения. Кому бы хотелось переплачивать за ремонт того или иного устройства? Своевременное устранение неисправностей экономит достаточно много средств - будь то что-то маленькое, или же проверка электропроводки во всем доме. Перейдём к методам диагностики.

Основная часть. Начнём с инфракрасной термографии. Как не трудно догадаться, речь тут идёт о температуре оборудования. Ни для кого не секрет, что температура оборудования — это очень важный фактор диагностики. Перегрев может вызвать сбой устройства, повредить электропроводку или же вовсе привести устройство в непригодное состояние или же уничтожить его (вспомним случаи, когда телефоны просто-напросто взрывались в руках, тем самым причиняя вред пользователю). Перейдём к самому методу диагностирования.

Начнём с того, что этот метод основан на фиксировании непосредственно инфракрасного излучения. Как известно, разрешающая способность телевизионного контроля - 0,2 градуса по цельсию. Что касается нашей страны, то в России чаще всего используются следующими тепловизорами - модель ТВ-03 и устройств из Швеции от компании AGEMA (различные вариации устройств).

Следующий метод, который мы рассмотрим - радиоволновый. Чтобы произвести такую работу, как правило, мастерам требуется специальное устройство - радиоволновый дефектоскоп (название говорит само за себя). Прибор, как не трудно догадаться, регистрирует изменения электромагнитных колебаний в процессе контакта с изучаемым объектом. При помощи этого метода специалисты легко выявляют следующие проблемы - погрешности в диэлектриках, магнитодиэлектриках и т. д.

Немного затронем и радиационный метод диагностирования. При помощи такого метода мы можем обнаружить самые маленькие, микроскопические повреждения всевозможных устройств и деталей. При этом, конечно же, в работе задействованы рентгеновское или гамма-излучение. Помимо прочего, такой метод позволяет заглянуть «внутрь» устройства, изучить геометрию его модулей (то есть, понять, есть ли какое-либо нарушения относительно первоначальных задумок и схем). Также, данным методом исследуются загрязнения материалов.

Метод контроля разрядов. Этот метод является чуть ли не самым развивающимся из всех вышеупомянутых. Специалисты в сфере диагностики пользуются им все чаще и чаще - немудрено, ведь он достаточно эффективный. Все методы измерения разрядов можно разделить на несколько подгрупп - частичные, пазовые и поверхностные (собственно, по разрядам). Метод контроля разрядов чаще всего применяется на трансформаторах и электрокарах [5].

Что касается трудностей метода контроля зарядов - все заключается в помехах, которые появляются из-за коммутаций и переходных процессов (в первич-

ных цепях установки). Помимо этого, на анализ воздействуют и проблемы измерения сигнала - некоторые просто-напросто не могут решить эту проблему, из-за чего все диагностические работы проходят бесследно. В общем и целом, подобный метод несёт в себе индивидуальный характер и подход. Он не всегда даст вам однозначный ответ и о связи уровня и характера параметров с уровнем повреждения.

Ещё один перспективный и развивающийся метод диагностики — это электрофизический метод. Дело в том, что подобный метод позволяет достаточно быстро получить самую первичную информацию и сигнальный отклик, что, в свою очередь, позволяет провести быстрый ремонт того или иного устройства. Кроме того, при анализе дефекта и диагностировании, устройство, производящее эту самую диагностику, очень легко подключаются к изучаемому объекту.

В основе электрофизического метода - наблюдаемость за электрофизическими эффектами, возникающими при активации всевозможных физических процессов. Среди этих эффектов - шумы (самые известные), нелинейность, интегральные эффекты и т. д., и т. п. Сама возможность диагностирования обуславливается тем, насколько сильно проявляется вышеупомянутый эффект и разрешающей способностью измерительных средств [2].

Совсем немного об ещё двух методах - визуально-оптическом и вихретоковом. Как вы могли понять, эти два метода в том или ином виде уже присутствовали в вышеупомянутых, но тем не менее, рассмотрим их в отдельном ключе.

Визуально-оптический метод, само собой, подразумевает поверхностный осмотр оборудования (то есть как внутренних, так и внешних поверхностей) на наличие разного рода повреждений. Эти повреждения действительно могут быть разными - от маленьких царапин и вмятин до более крупных. Оптическая проверка не требует каких-либо особых приспособлений и приборов, поэтому абсолютно всегда направлена на обнаружение видимых простым глазом дефектов [1].

Вихретоковый метод диагностики, наоборот, направлен на поиск скрытых деформаций, но без прямого контакта с поверхностью. Тут как раз-таки используется вихретоковый преобразователь, при помощи которого создается локальное электромагнитное поле, способное вызвать напряжение в катушках и позволяющее проанализировать определенные изменения в материалах.

Итак, мы рассмотрели одни из самых известных и популярных методов диагностирования электрооборудования. На деле это далеко не все методы - невозможно охватить их всех, ведь буквально каждый день появляется что-то новое, что позволяет расширить масштаб работ (будь то новое устройство или усовершенствование чего-то старого и уже работающего). Как видно из содержания статьи, абсолютно каждый метод можно отнести к одной из следующих категорий - методы неразрушающего и методы разрушающего контроля.

Что касается этих групп, то все достаточно буквально - методы неразрушающего контроля диагностируют устройства без каких-либо нарушений его целостности (среди них магнитный, радиоволновый методы и т. д.). Разрушающий

же контроль подразумевает в себе действия физического характера, будь то вскрытие или целенаправленная поломка.

Успешная диагностика всегда зависит от множества факторов и никогда не может дать гарантированного стопроцентного успеха. Ведь в каждом результате диагностирования могут содержаться ошибки того или иного характера - к примеру, ложные дефекты или недооценку оборудования (или же человеческий фактор).

Тем не менее, повторимся, что диагностика — это важнейшее мероприятие, позволяющее функционировать устройствам как можно дольше, а также сохранить безопасность пользователя и эффективность диагностируемого объекта.

Список литературы

1. Грунтович, Н. В. Техническая диагностика электрооборудования : Учебник для студентов, магистрантов и аспирантов энергетических специальностей вузов / Н. В. Грунтович, Н. В. Грунтович. — Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2024. — 254 с. — ISBN 978-5-16-017836-3. — DOI 10.12737/1891041. — EDN RUESJN. Андрей П. «Методы диагностики электрооборудования»
2. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 140400 - Электроэнергетика и электротехника / А. И. Халысмаа, С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, Д. А. Глушков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. — Екатеринбург : Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2015. — 64 с. — ISBN 978-5-7996-1493-5.
3. Исследование режимов работы действующих электрических сетей сельскохозяйственных предприятий / И. В. Наумов, С. В. Подъячих, М. А. Якупова [и др.] // Вестник НГИЭИ. — 2024. — № 1(152). — С. 72-90. — DOI 10.24412/2227-9407-2024-1-72-90.
4. Логинов, А. Ю. Определение степени загрузки асинхронного двигателя центробежного вентилятора / А. Ю. Логинов, А. Ю. Прудников, Я. В. Боннет // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы VIII международной научно-практической конференции, п. Молодежный, 23–24 мая 2019 года. — п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2019. — С. 8-17.
5. Михеев, Г. М. Электростанции и электрические сети. Диагностика и контроль электрооборудования / Г. М. Михеев. — Москва : Додэка-XXI/ДМК Пресс, 2010. — 297 с. — ISBN 978-5-94120-225-6.

ТАНЫГИН ФЕДОР ОЛЕГОВИЧ, магистр
ТАНЫГИН ОЛЕГ ФЕДОРОВИЧ, к.т.н., доцент

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова
(e-mail: oftanygin@yandex.ru)

БЕЗОПАСНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДКА В ДЕРЕВЯННОМ ДОМЕ

В статье рассматривается актуальная задача, связанная с сельским строительством – электрификация деревянного дома. Предложены требования к проекту электроснабжения, основные типы проводов и материалы, используемые для монтажа электрических сетей, а также способы этого монтажа.

Ключевые слова: энергоснабжение, деревянный дом, кабель, не поддерживающий горение, кабель канал.

Деревянные дома в силу относительной легкости возведения и наличия в продаже готовых разборных домов из древесины, а также вследствие их экологичности и приятной атмосферы пользуются популярностью как в сельской местности, так и в городах. Древесина как строительный материал для возведения жилых малоэтажных домов по-прежнему остается одним из основных вариантов выбора наряду с кирпичом и железобетонными панелями. Это обусловлено уникальным сочетанием физических свойств древесины: небольшим удельным весом, относительно высокой прочностью, особенно на растяжение, наряду с пластичностью и низкой теплопроводностью. Однако, несмотря на множество преимуществ, предоставляемых древесиной в качестве строительного материала, здания из нее требуют особого внимания к вопросам электробезопасности.

Древесина является горючим материалом, поэтому такой важный раздел проекта строительных работ, как электрификация дома, должен особенно учитывать вопросы электробезопасности в части обеспечения невозможности перегрева проводов, а также исключения непосредственного контакта их с древесиной, особенно в местах возможного её увлажнения. Электрооборудование должно быть установлено с учетом потенциальных рисков, чтобы предотвратить несчастные случаи и аварии. Рассмотрим основные аспекты, касающиеся безопасной электропроводки в деревянных сельских домах, включая проектирование, монтаж, эксплуатацию и техническое обслуживание систем электроснабжения. Так как древесина легко воспламеняется, особенно при наличии источников тепла или кратковременных замыканий, для проводки необходимо применять только качественные, негорючие материалы. Влажность и температура в деревянных домах могут значительно варьироваться, что влияет на состояние электросистем. Поэтому кабели должны быть защищены от влияния внешней среды. Использование материалов, обладающих негорючими свойствами, поможет значительно снизить риски, связанные с горением и короткими замыканиями в электрических сетях.

Проект должен разрабатываться с учетом требований, изложенных в **Правилах устройства электроустановок (ПУЭ) [1]**. Скрытая проводка в деревянном доме делается только в металлических трубах [2] в строгом соответствии с **ПУЭ**, поэтому является нечастым выбором, в основном в случаях реализации крупными строительными компаниями, имеющими опыт такой работы и соответствующий штат высокопрофессиональных проектировщиков и строителей. В большинстве случаев рекомендуется использование открытой проводки. Далее рассматривается только вариант открытой проводки. Отметим сразу, что в этом случае все-таки используются отрезки стальных труб для прохода кабеля через стену. Эти отрезки труб после прокладки кабеля заполняются негорючим составом. В местах выхода из стальных труб провод должен быть защищен от механических повреждений втулкой. Вся проводка прокладывается в кабель каналах, выполненных из сертифицированного самозатухающего ПВХ. **Схема проводки** должна быть рациональной, все точки подключения проводов должны быть удобно расположены для пользователей и соответствовать нормам. Поэтому на этапе проектирования необходимо продумать расстановку всех электрических точек: розеток, выключателей, источников света. Расположение этих элементов должно обеспечивать комфортное использование пространства и экономию провода. Последнее в свою очередь позволит снизить потери энергии. В этом смысле по возможности всегда лучше уменьшать длину провода, а для безопасности увеличивать его сечение. Также для экономии и повышения безопасности, то есть уменьшения риска перегрева и короткого замыкания, рекомендуется разделять цепи освещения и силовые цепи. Тогда при аварийном отключении или перегреве одной из цепей другие продолжают функционировать. При этом, разумеется, необходимо рассчитывать нагрузку на каждую цепь [3], потому что каждый прибор имеет свой уровень потребления энергии, и неправильный расчет может привести к перегрузке, перегреву проводов и даже их возгоранию. Расчеты могут быть выполнены с помощью пакета Маткад [4]. При проектировании важно учитывать будущее расширение электросети, так как с развитием технологий может возникнуть потребность в установке новых электроприборов или оборудования. Т.е. должна быть предусмотрена возможность встраивания новых цепей в уже существующую систему [5]. Следует уделить внимание участку от ввода в дом до распределительного щита внутри дома. Его необходимо поместить в стальную трубу [6].

В итоге рекомендуются следующие типы проводов для электрических линий: для осветительной – провод ВВГнгLS 3 × 1,5 – не поддерживающий горение с низким дымлением [7] трехжильный медный провод с сечением каждой жилы 1,5 мм² на максимальную мощность 4,1 кВт с токовой нагрузкой до 19 Ампер; для линий с розетками - провод ВВГнгLS 3 × 2,5 – не поддерживающий горение с низким дымлением трехжильный медный провод с сечением каждой жилы 2,5 мм² на максимальную мощность 5,9 кВт с токовой нагрузкой до 27 Ампер; для линий с мощными электроприборами - провод ВВГнгLS 3 × 4 – не поддерживающий горение с низким дымлением трехжильный медный провод с сечением

каждой жилы 4 мм² на максимальную мощность 8,3 кВт с токовой нагрузкой до 38 Ампер.

Обычно используются кабель каналы прямоугольного сечения (короба). В местах стыковки кабель канала с распределительными коробками, розетками, выключателями, приборами освещения и т.д. не должно быть щелей. Для этого проект электрификации деревянного должен быть уточнен после окончания строительства, чтобы длина нарезаемых отрезков кабель канала и провода точно соответствовала необходимой длине участка линии. Основание кабель канала крепится к стене с помощью саморезов и специальных шайб, в углах рекомендуется использовать уголки соответствующего типоразмера, выполненные из такого же пластика. Параллельно с этим к стенам крепятся металлические подрозетники, выключатели, распределительные коробки, системы освещения и т.д. Далее без натяжения прокладывается кабель и соединяется между собой в распределительных коробках с помощью клеммников или клеммных колодок, а также соединяется с розетками, выключателями, системами освещения и т.д. После этого осуществляется проверочное подключение данной линии к сети, и если все нормально, вставляются крышки кабель каналов (коробов) по всей линии.

В доме должен быть контур защитного заземления [8], кроме того, во входной коробке - УЗО для отключения напряжения при достижении тока утечки на защитное заземление определенной величины и автоматы отключения тока в соответствующих линиях. Установка автоматов и устройств защитного отключения (УЗО) важна для предотвращения коротких замыканий и перегревов. Это также обязательное требование, которому должен отвечать проект.

Перед началом установки важно выполнить детальную проверку сертификатов качества используемых материалов и компонентов, чтобы подтвердить их соответствие стандартам. К тому же, в прокладываемой проводке должны быть использованы материалы для изоляции, защищающие от механического повреждения, масел, химикатов и влаги. Все работы должны проводиться сертифицированными электриками, обладающими опытом работы с деревянными конструкциями.

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок. Шестое и седьмое издания (все действующие разделы). Министерство энергетики Российской Федерации. <https://www.modul.org/wp-content/uploads/2023/10/pue-pravila-ustrojstva-elektroustanovok.pdf>
2. Нестеренко В.М. Технология электромонтажных работ: учебное пособие / В.М. Нестеренко, А.М. Мысянов. – М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 592 с.
3. Костюченко Л.П. Проектирование систем сельского электроснабжения : учеб. пособие / Л.П. Костюченко: Краснояр. гос. аграр. ун-т. – 3-е изд. испр. и доп. – Красноярск, 2016. – 264 с.
4. Таныгин О.Ф. Теоретическое исследование движения частиц минерального удобрения под воздействием шнекового разбрасывателя/ В.Н. Трубинов, И.В. Коротков, И.Ю. Ветров. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 3 (101). – С. 28-33.
5. Шамаков С.Б. Профессиональные советы домашнему электрику. – СПб.: Наука и Техника, 2014. – 400с.

6. Прищеп Л.Г. Учебник сельского электрика.- 3-е изд., доп. и перераб.- М.: Агропромиздат, 1986. – 509с.: ил.

7. Москаленко В.В. Справочник электромонтера: учебное пособие / В.В. Москаленко. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 368 с.

8. Михайлов В. Е. и др. Современная электросеть. Книга + видеокурс. — СПб.: Наука и техника, 2013 —256 с.: ил.

Технологии и оборудование пищевых и перерабатывающих производств

БАРАБАНОВ СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, бакалавр

kruti-olga@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет, Россия

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Статья посвящена рассмотрению международного стандарта BRC Global Standards for Food Safety («Глобальный стандарт BRC по пищевой безопасности»). Этот стандарт играет ключевую роль в обеспечении безопасности продуктов питания и управлении рисками в цепочках поставок производителей и ритейлеров.

Ключевые слова: стандарт, безопасность, производство, продукты, управление.

Глобальный стандарт BRC по пищевой безопасности широко применяется в качестве практического инструмента для всесторонней оценки и одобрения поставщиков [1, 2]. Он содействует организациям в процессе выбора и классификации их поставщиков. В результате, данная система позволяет сократить совокупные издержки на управление цепочкой поставок и улучшить степень безопасности для клиентов, поставщиков и конечных потребителей [3]. Будучи пропуском в торговые сети для предприятий розничной торговли, данный стандарт также дает шанс продемонстрировать направленность на продовольственную безопасность, качество и законность и вести работу над постоянным усовершенствованием [4, 5].

Мировой стандарт продовольственной безопасности BRC соответствует критериям GFSI (Global Food Safety Initiative – это Глобальная инициатива по продовольственной безопасности), установленным CGF (Consumer Goods Forum – Форум потребительских товаров). Этот стандарт принят большинством предприятий розничной торговли пищевыми продуктами в качестве аналога другим эталонным стандартам пищевой безопасности, в том числе IFS (International Food Standard - Международный стандарт производства пищевых продуктов), SQF (Safe Quality Food - Безопасные и качественные пищевые продукты) и голландскому стандарту HACCP (Hazard Analysis & Critical Control) [6].

Глобальный стандарт BRC, признанный во всем мире, представляет собой передовой инструмент, базирующийся на актуальных достижениях в области пищевой безопасности, таких как усовершенствованные нормы и методы [7, 8]. Стандарт охватывает требования к системе управления качеством и принципам HACCP (анализ опасностей и критические контрольные точки), подкрепленные надлежащими правилами производства.

Подавляющее число британских, а также многие европейские и международные розничные сети, владельцы торговых марок и производители продуктов

питания в цепи поставок предпочитают сотрудничать исключительно с поставщиками, обладающими сертификатом соответствия глобальному стандарту BRC [9, 10].

Внедрение стандарта BRC позволяет организации:

- Демонстрировать приверженность принципам безопасности пищевой продукции.
- Обеспечивать защиту в рамках процедур Due Diligence в случае инцидентов, связанных с безопасностью пищевых продуктов.
- Спроектировать и внедрить систему управления, направленную на повышение уровня соответствия требованиям в отношении качества, безопасности продукции и соблюдения законодательных норм, включая учет законодательства стран, где реализуется конечная продукция.
- Предоставить инструменты для повышения эффективности мониторинга качества и безопасности пищевых продуктов.
- Способствовать сокращению пищевых отходов, возвратов и отзывов продукции.
- Обеспечить результативное управление цепочкой поставок путем уменьшения числа аудитов, проводимых сторонними организациями, и повышения общей надежности всех элементов цепочки.

Внедрение критериев BRC включает в себя следующие этапы:

- Разработка системы управления качеством.
- Выявление применимых законодательных требований.
- Идентификация и документирование специфических рисков для безопасности пищевых продуктов и соответствующих мер контроля (система HACCP).
- Установление принципов добросовестной производственной/санитарной практики.
- Реализация необходимых структурных улучшений.

Таким образом, внедрение требований мирового стандарта пищевой безопасности BRC позволит производителям пищевой продукции отвечать самым высоким требованиям по производству безопасной продукции и демонстрировать соответствие законодательным требованиям.

Список литературы

1. Технология производства целномышечных полуфабрикатов в условиях индейководческого предприятия / О. Е. Самсонова, В. А. Бабушкин, Ю. И. Телякова, Х. Б. Шерматов // Инновационные технологии в животноводстве: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – С. 38-41.
2. Самсонова О.Е. Технология производства целномышечного полуфабриката из мяса индейки / О. Е. Самсонова, Д. В. Грачев // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2, № 2. – С. 252.
3. Самсонова О.Е. Особенности технологии производства варенников с добавлением пищевых волокон / О. Е. Самсонова, Ю. И. Телякова // Современные технологии в животноводстве: проблемы и пути их решения: материалы Международной научно-практической конференции. Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2017. – С. 241-244.
4. Влияние генотипа коров на качество сливочного масла / А. Ч. Гаглоев, А. Н. Негреева, Т. Н. Гаглоева, О. Е. Самсонова // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3, № 1. – С. 81.

5. Результаты доразивания индуцируют, полученные из яиц индеек разного возраста / А. Ч. Гаглоев, А. Н. Негреева, О. Е. Самсонова, Е. А. Сухарев // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. – 2020. – № 2(16). – С. 42-47.

6. Нечепорук А.Г. Влияние овощных порошков на органолептическую оценку качества полуфабрикатов из мяса птицы / А. Г. Нечепорук, Е. Н. Третьякова, О. Е. Самсонова // Новые концептуальные подходы к решению глобальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности в современных условиях: сборник научных статей 9-й Международной научно-практической конференции. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 321-325.

7. Самсонова О.Е. Современные тенденции в продлении сроков хранения животноводческой продукции / О. Е. Самсонова, А. Н. Попов // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: сборник статей VII Международной научно-практической конференции. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 97-100.

8. Попова О.С. Потери минеральных веществ при производстве сыра в зависимости от содержания казеина и жира в козьем молоке / О. С. Попова, О. Е. Самсонова, А. Г. Нечепорук // Новые концептуальные подходы к решению глобальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности в современных условиях: сборник научных статей 9-й Международной научно-практической конференции. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 373-377.

9. Нечепорук А.Г. Особенности технологии производства полуфабрикатов из мяса курицы с растительными компонентами / А. Г. Нечепорук, Е. Н. Третьякова, О. Е. Самсонова // Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России: материалы Международной научно-практической конференции. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2021. – С. 480-482.

10. Самсонова О.Е. Перспективы развития производства органической молочной продукции // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: сборник научных статей и докладов IX Международной научно-практической конференции. Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2023. – С. 167-170.

ЗАДУБРОВСКАЯ ТАТЬЯНА АЛЕКСЕЕВНА, студент
БЕЛОЗЕРОВА ЕКАТЕРИНА ВЛАДИМИРОВНА, студент

Научный руководитель –

ПОЖИДАЕВА СВЕТЛАНА ДМИТРИЕВНА, к.х.н., доцент
Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия
(taniusha20013@mail.ru)

ОКИСЛЕНИЕ И АНТИОКСИДАНТЫ В РЫБЕ И МЯСЕ

Окисление и антиоксиданты важны для качества и стабильности мясных и рыбных продуктов. Увеличение содержания легко окисляемых жирных кислот требует более высокого содержания антиоксидантов.

Ключевые слова: мясо, рыба, антиоксиданты, окисление, качество

Материалы, представленные в работе, позволяют глубже разобраться в предмете исследования, понять взаимосвязи между различными аспектами проблемы и сформировать собственное мнение.

Окисление липидов является одной из наиболее значимых причин порчи продуктов животного происхождения, таких как мясо и рыба. Этот сложный автокаталитический процесс запускается под воздействием различных факторов окружающей среды и внутренних катализаторов, приводя к необратимым изменениям в химическом составе, органолептических свойствах и питательной ценности продукта.

Наиболее очевидным и нежелательным следствием окисления липидов является развитие прогорклого вкуса и запаха. Это обусловлено образованием вторичных продуктов окисления, таких как низкомолекулярные альдегиды (например, гексанал, нонанал, 2,4-декадиеналь), кетоны, карбоновые кислоты и спирты. Помимо ухудшения вкуса, окисление липидов приводит к образованию потенциально токсичных соединений [1]. Среди них малондиальдегид (MDA), 4-гидроксинonenаль (4-HNE) и другие реактивные альдегиды. Окисление напрямую разрушает ценные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), особенно омега-3 и омега-6, снижая их количество в продукте. Окислительные процессы могут вызывать нежелательное изменение цвета (например, потемнение мясных продуктов из-за окисления миоглобина) и ухудшение текстуры (жесткость, снижение водоудерживающей способности) за счет образования сшивок белков и деградации мембран.

Окисление является ключевым фактором, ограничивающим срок годности свежих и переработанных мясных и рыбных продуктов.

Рыба, особенно жирные виды (лосось, скумбрия, сельдь), чрезвычайно богата омега-3 ПНЖК, такими как эйкозапентаеновая кислота (ЭПК) и докозагексаеновая кислота (ДГК). Эти кислоты имеют несколько двойных связей в своей структуре, что делает их очень реактивными и чрезвычайно подверженными окислению. Каждая дополнительная двойная связь увеличивает скорость окисления в геометрической прогрессии [2]. Мышцы рыбы, особенно красной, содержат гемовые пигменты (миоглобин), которые включают железо – мощный катализатор окислительных процессов. В рыбных тканях также могут присутствовать другие прооксиданты, такие как липоксигеназы (ферменты, катализирующие окисление ПНЖК) и ионы металлов (медь, негемовое железо).

Это делает рыбу одним из наиболее скоропортящихся продуктов с точки зрения окислительной стабильности, что требует особо тщательных подходов к ее хранению и переработке. Развитие прогорклости в рыбе может произойти гораздо быстрее, чем в большинстве видов мяса.

Антиоксиданты – это вещества, способные ингибировать или замедлять процессы окисления. Их добавление в пищу или включение в рацион животных, используемых для производства мяса и рыбы, является одной из наиболее эффективных стратегий для борьбы с окислительной порчей.

Многие антиоксиданты (например, фенольные соединения, витамин Е, витамин С) обладают способностью донировать атом водорода или электрон свободным радикалам, превращая их в менее реактивные соединения и обрывая цепные реакции окисления. Некоторые антиоксиданты (например, аскорбиновая кислота, лимонная кислота, фосфаты) способны связывать ионы металлов,

образуя стабильные комплексы и предотвращая их прооксидантное действие. Некоторые антиоксиданты (например, каротиноиды, токоферолы) способны поглощать энергию синглетного кислорода, переводя его в более стабильное триплетное состояние и предотвращая его взаимодействие с липидами. Некоторые антиоксиданты могут восстанавливать окисленные формы других антиоксидантов, тем самым продлевая их защитное действие (например, витамин С регенерирует витамин Е). В живых организмах существуют ферментативные системы (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионпероксидаза), которые также играют роль в антиоксидантной защите [3].

Специи и травы богаты фенольными соединениями, флавоноидами, алкалоидами, которые обладают мощным антиоксидантным потенциалом (орегано, тимьян, шалфей, куркума). Фрукты и ягоды, такие как клюква, виноград, черника, гранат, содержат антоцианы, фенольные кислоты, витамин С, каротиноиды, что обеспечивает их высокую антиоксидантную способность. Зеленый чай богат катехинами (эпигаллокатехин галлат), которые являются одними из наиболее изученных и мощных природных антиоксидантов.

Хитозан – природный полимер, получаемый из хитина (например, из панцирей ракообразных), давно известен своими антибактериальными и противогрибковыми свойствами, обусловленными его положительным зарядом и способностью нарушать целостность клеточных мембран микроорганизмов. Однако в чистом виде хитозан не всегда проявляет высокую эффективность как антиоксидант. Интересно, что хитозан в глюкозном комплексе демонстрирует синергическое антимикробное и антиоксидантное действие в свиной сале.

Современная тенденция в пищевой промышленности – это поиск новых, устойчивых и экономически выгодных источников антиоксидантов, часто из отходов сельскохозяйственного производства.

Масло из семян томатов (богатое ликопином, токоферолами) и промышленные луковые отходы (содержащие флавоноиды, такие как кверцетин) являются ценными источниками антиоксидантов. Они могут быть добавлены как в корм для животных (для улучшения качества мяса и его окислительной стабильности), так и непосредственно в пищевые продукты [4]. Побочные продукты из вина (виноградные выжимки, содержащие ресвератрол, антоцианы) и оливкового масла (оливковые листья, жмых, богатые гидрокситирозолом, олеуропеином) эффективно подавляют окисление в рыбном фарше и замороженном филе скумбрии. Это не только обеспечивает антиоксидантную защиту, но и способствует циркулярной экономике. Индийские красные морские водоросли также продемонстрировали значительные антиоксидантные свойства благодаря содержанию фикобилипротеинов, флоротаннинов и других биоактивных соединений, открывая новые перспективы для использования в пищевых продуктах.

Эффективность антиоксидантной защиты часто значительно возрастает при использовании комбинаций различных антиоксидантов, действующих синергически.

Использование антиоксидантов не ограничивается только функцией консервации; оно придает продуктам дополнительную ценность для потребителя.

Многие антиоксиданты обладают доказанными благотворными эффектами на здоровье человека. Токоферол (витамин Е) и аскорбиновая кислота (витамин С) являются важными витаминами, участвующими в многочисленных метаболических процессах и защищающими клетки от окислительного стресса. Полифенолы, каротиноиды и катехины известны своими противовоспалительными, противомикробными и даже потенциальными противораковыми свойствами. Включение таких соединений в пищевые продукты превращает их в функциональные продукты питания, способствующие поддержанию здоровья.

Будущее пищевой промышленности связано с инновациями в области консервации, использованием устойчивых источников и созданием продуктов с повышенной пищевой ценностью [5].

Использование отходов пищевой промышленности для производства новых пищевых продуктов или функциональных ингредиентов остается огромным, но пока недостаточно изученным потенциалом. Разработка диетических блюд с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (например, омега-3) и антиоксидантов крайне важна для людей с высокими потребностями в питании (например, пожилых, спортсменов, людей с хроническими заболеваниями). Антиоксиданты в таких продуктах защищают ценные ПНЖК от разрушения.

Таким образом, комплексный подход к сохранению мясных и рыбных продуктов, включающий передовые упаковочные решения, стратегическое использование природных антиоксидантов, в том числе из новых и устойчивых источников, и понимание синергетических эффектов, является ключевым для обеспечения безопасности, качества и функциональной ценности пищевых продуктов будущего.

Список литературы

1. Электронный ресурс: [https://www.intechopen.com/chapters/41625]. (Дата: 07.10.2025)
2. Лемза, А. Е. Роль сигнальной системы антиоксидант-рецепторного элемента в механизмах модулирования воспаления фенольными антиоксидантами : специальность 03.03.04 "Клеточная биология, цитология, гистология" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Лемза Анна Евгеньевна. – Новосибирск, 2014. – 22 с.
3. Оценка качества мяса курицы измерением pH и электропроводности его водного экстракта / С. Д. Пожидаева, К. Ф. Янкив, Т. А. Задубровская, Ю. А. Миргород // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 169-183.
4. Хабибова, Н. Н. Характерные особенности процессов перекисного окисления липидов и антиокислительной активности слюны в полости рта при хроническом рецидивирующем афтозном стоматите / Н. Н. Хабибова, С. М. Авезова // Биология и интегративная медицина. – 2019. – № 3(31). – С. 112-121.
5. Гареева, К. М. Влияние природных антиоксидантов на микробиологические характеристики мясного фарша / К. М. Гареева // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства : Материалы международной научно-практической конференции, Йошкар-Ола, 21–22 марта 2024 года. – Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2024. – С. 395-398.

ЗАДУБРОВСКАЯ ТАТЬЯНА АЛЕКСЕЕВНА, студент
БЕЛОЗЕРОВА ЕКАТЕРИНА ВЛАДИМИРОВНА, студент
 Научный руководитель –
ПОЖИДАЕВА СВЕТЛАНА ДМИТРИЕВНА, к.х.н., доцент
 Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия
 (taniusha20013@mail.ru)

ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИПИДОВ И БЕЛКОВ В ГОВЯДИНЕ ПРИ ХРАНЕНИИ

Хранение мяса влияет на окисление липидов и белков, что ухудшает его качество. Вакуумная упаковка замедляет этот процесс. Окисление липидов меняет цвет и качество мяса. С увеличением срока хранения растёт содержание карбонила.

Ключевые слова: говядина, жиры, белки, окисление, качество

Обзорная статья предоставляет комплексное понимание темы, систематизируя знания из различных исследований, концепций и мнений. Она помогает быстро ознакомиться с предметом, выявить связи между аспектами проблемы и сформировать собственное видение. Анализ работ выявляет пробелы и перспективные направления для исследований, избегая дублирования усилий. Обзорные статьи способствуют междисциплинарному взаимодействию и профессиональному росту авторов и читателей.

Исследование стабильности мяса, особенно его окислительных процессов, является краеугольным камнем в разработке эффективных стратегий хранения и продления срока годности. Окисление липидов и белков представляет собой сложный комплекс реакций, который напрямую влияет на органолептические свойства, питательную ценность и, как следствие, на экономическую привлекательность мясных продуктов. Продолжительность хранения является одним из наиболее критичных факторов, определяющих степень окислительной порчи мясных продуктов. Независимо от типа упаковки, биохимические реакции, ведущие к деградации липидов, постепенно прогрессируют со временем, что неизбежно приводит к ухудшению качества.

С течением времени, даже при низких температурах хранения, продолжают ферментативные процессы (например, активность липаз, высвобождающих свободные жирные кислоты) и неферментативные химические реакции, такие как автоокисление. Эти процессы приводят к накоплению первичных продуктов окисления (гидропероксидов), которые затем распадаются на вторичные продукты, включая малондиальдегид (MDA). MDA является основным соединением, детектируемым методом TBARS. Увеличение концентрации TBARS со временем хранения прямо указывает на прогрессирующее окисление липидов [1].

Суть метода заключается в определении малонового диальдегида, который образуется при окислении жирных кислот с тремя двойными связями. При

взаимодействию малонового диальдегида с тиобарбитуровой кислотой раствор окрашивается в розовый цвет (532-535 нм).

Полностью остановить окисление невозможно; его можно лишь замедлить. Поэтому, чем дольше продукт хранится, тем больше TBARS будет накапливаться. Это является универсальным принципом, применимым ко всем типам мясных продуктов.

В вакуумной упаковке окисление липидов отмечается более выраженным, чем в невакуумной при последующем охлаждении. Этот вывод может показаться контринтуитивным, поскольку вакуумная упаковка (ВП) обычно ассоциируется с лучшей защитой от окисления за счет устранения кислорода. Однако такая формулировка указывает на более сложный механизм. В вакуумной упаковке кислород практически отсутствует. Это предотвращает образование оксимиоглобина (ярко-красный цвет) и замедляет некоторые свободнорадикальные реакции. Однако, при этом может происходить накопление первичных продуктов окисления (гидропероксидов), которые, не имея достаточного количества кислорода для дальнейшего быстрого превращения, могут стабильно существовать. Когда вакуумная упаковка вскрывается и продукт повторно подвергается воздействию кислорода (например, при выкладке в магазин), эти накопленные гидропероксиды могут быстро распадаться на вторичные продукты, включая MDA, что приводит к резкому скачку TBARS. Этот эффект известен как "окислительный взрыв" при аэрации [2].

Цвет мяса является одним из важнейших сенсорных показателей, по которому потребители оценивают свежесть и качество продукта. Изменения цвета могут быть прямым следствием окислительных процессов. Коэффициент отражения мяса уменьшается с увеличением времени хранения. Этот феномен относится к общей тенденции потемнения мяса. Свежее мясо имеет ярко-красный цвет из-за оксимиоглобина (миоглобин, связанный с кислородом). Со временем, особенно при доступе кислорода, происходит окисление железа в миоглобине, образуя метмиоглобин. Метмиоглобин придает мясу коричневый или сероватый оттенок, что воспринимается как признак порчи. Уменьшение коэффициента отражения (потемнение) является количественным выражением этого процесса.

В условиях невакуумной упаковки (например, в лотках с пленкой, пропускающей кислород) происходит постоянный доступ кислорода. В начале хранения формируется желаемый ярко-красный оксимиоглобин. Однако со временем, по мере истощения эндогенных антиоксидантов и накопления прооксидантов, скорость образования метмиоглобина начинает превалировать над скоростью образования оксимиоглобина. Это приводит к потемнению и снижению коэффициента отражения. Временное "увеличение" коэффициента отражения (т.е., небольшое осветление или возврат к красному оттенку) на поздних стадиях может быть вызвано несколькими факторами, которые требуют дополнительного уточнения. Потеря влаги с поверхности может изменить оптические свойства, сделав поверхность более светлой. Некоторые микроорганизмы могут изменять редокс-потенциал на поверхности мяса [3].

Дезоксимиоглобин придает мясу характерный пурпурно-коричневый цвет. Этот цвет значительно темнее ярко-красного оксимиоглобина, поэтому изначально коэффициент отражения будет ниже, чем у свежего аэробно упакованного мяса. В условиях низкого кислорода переход дезоксимиоглобина в метмиоглобин замедлен. Поэтому, хотя цвет и темный (пурпурный), он остается относительно стабильным в течение длительного времени, и незначительная раница указывает на эту стабильность. Потемнение все же происходит из-за медленного образования метмиоглобина, но гораздо медленнее, чем в аэробных условиях [4].

Окисление липидов часто сопровождается окислением белков, что приводит к образованию карбонильных групп в белковых молекулах. Содержание карбонильных веществ в мясе, упакованном в вакуум, увеличивалось со временем. Этот вывод свидетельствует о том, что даже в условиях вакуумной упаковки, где окисление липидов может быть замедлено (хотя TBARS показал парадоксальный рост после вскрытия), окисление белков активно прогрессирует. Окисление белков может происходить независимо от окисления липидов или быть с ним взаимосвязанным. Гидроксильные радикалы ($\text{HO}\bullet$) или пероксильные радикалы ($\text{ROO}\bullet$) могут атаковать боковые цепи аминокислот, особенно лизина, пролина, аргинина, гистидина, что приводит к образованию карбонильных групп (альдегидов и кетонов) на этих остатках. Реактивные альдегиды, образующиеся при окислении липидов (например, MDA, 4-HNE), могут взаимодействовать с аминокгруппами лизина в белках (реакция Майяра или другие реакции сшивки), образуя карбонильные аддукты. Хотя менее характерно для свежего мяса, но при длительном хранении или нагревании, восстанавливающие сахара могут реагировать с аминокгруппами белков, образуя карбонилы.

Накопление карбонильных веществ является надежным маркером окислительной дегградации белков. Окислительные реакции с участием аминокислот могут привести к образованию карбонильных групп, потере каталитической активности и разложению белков. Многие белки являются ферментами. Окисление аминокислотных остатков (особенно цистеина, метионина, тирозина, гистидина), расположенных в активных центрах ферментов, может привести к необратимой потере их каталитической активности. Сильное окислительное повреждение может привести к разрыву пептидных связей, фрагментации белков, что снижает их функциональность и питательную ценность. Окисление белков также изменяет их функциональные свойства, такие как водоудерживающая способность, эмульгирующие свойства, гелеобразующая способность, что негативно сказывается на текстуре и сочности мяса.

Карбонильные вещества могут присутствовать в миофибриллах говядины во время посмертного старения. Процесс, происходящий после убоя, когда мышечные волокна становятся более мягкими за счет действия эндогенных протеаз. Даже при контролируемых условиях старения (охлаждение) происходит постепенное окисление. Миофибрилярные белки (актин, миозин), составляющие основную массу мышечных волокон, подвержены окислению. Накопление карбонильных групп в этих структурных белках является индикатором их дегграда-

ции, что может влиять на нежность и водоудерживающую способность мяса. Во время старения происходит постепенный распад клеточных мембран, высвобождение ионов железа и других прооксидантов, что инициирует окисление как липидов, так и белков [5].

Вакуумная упаковка, хотя и эффективна в контроле кислорода и продлении микробиологического срока годности, имеет свои особенности в окислительных процессах, особенно в отношении накопления продуктов окисления липидов при последующей аэрации и прогрессировании окисления белков. Диетические факторы, такие как пастбищный откорм, могут значительно улучшить исходную антиоксидантную защиту мяса, что является важным аспектом для производства высококачественных продуктов.

Список литературы

1. Электронный ресурс: [https://www.researchgate.net/publication/285328922_Oxidative_changes_in_lipids_and_proteins_in_beef_during_storage]. (Дата: 07.10.2025)
2. Влияние хранения в охлажденном и замороженном состоянии на активность каталазы и ее роль в окислении липидов сырого мяса (говядины, свинины, мяса птицы). США // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2002. – № 3. – С. 1190.
3. Оценка качества мяса курицы измерением pH и электропроводности его водного экстракта / С. Д. Пожидаева, К. Ф. Янкив, Т. А. Задубровская, Ю. А. Миргород // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 169-183.
4. Климова, Е. В. 2023. [Влияние метода упаковывания на окисление липидов и белков, цвет созревшей говядины при хранении в холодильнике; исследования на мясе верхней части бедра от скота породы хэнву. (Южная Корея)]. Kang Sun Moon, Kang Geunho, Seong Pilnam, Park Beomyoung, Cho Soohyun Effect of packaging method on the lipid oxidation, protein oxidation, and color in aged top round from Hanwoo (Korean native cattle) during refrigerated storage // Korean Journal for Food Science of Animal Resources.-2014.-Vol.34,N 3.-P. 273-279.-Англ.-Bibliogr.: p.278-279. Шифр *http://ocean.kisti.re.kr/IS_mvpopo210L.do?method=list&poid=ksfsar&kojic=CSSPBQ / Е. В. Климова // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2016. – № 4. – С. 1023.
5. Теречик, Л. Ф. Окислительная стабильность, содержание жира, добавки витамина Е и протеолитических ферментов, нежность мяса свиней и крупного рогатого скота. Обзор. (ФРГ) / Л. Ф. Теречик // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2000. – № 3. – С. 1038.

ЗАДУБРОВСКАЯ ТАТЬЯНА АЛЕКСЕЕВНА, студент
БЕЛОЗЕРОВА ЕКАТЕРИНА ВЛАДИМИРОВНА, студент

Научный руководитель –

ПОЖИДАЕВА СВЕТЛАНА ДМИТРИЕВНА, к.х.н., доцент
Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия
(taniusha20013@mail.ru)

УПРАВЛЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ В МЯСЕ

Окисление жиров и белков в мясе при хранении и обработке приводит к образованию вредных веществ, изменению химического состава, качества, цвета и питательной ценности. Замораживание и тепловая обработка вызывают денатурацию миоглобина и окислительный стресс, повреждающий белки и липиды.

Ключевые слова: реакция, жиры, белки, окисление, качество

Написание обзорных статей способствует повышению уровня информированности, образования и профессионального роста как авторов, так и читателей.

Окисление липидов приводит к образованию альдегидных и перекисных соединений, что существенно ухудшает органолептические и физико-химические свойства мяса. В процессе окисления белков происходит деструкция аминокислотных остатков и формирование карбонильных соединений, что также негативно сказывается на качестве белковых молекул. Термическая обработка способствует денатурации миоглобина и усилению окислительных процессов в белковых структурах.

Дисбаланс между активными формами кислорода (АФК) и механизмами их нейтрализации приводит к развитию окислительного стресса, который оказывает деструктивное воздействие на биомолекулы. Гидроксильный радикал ($\cdot\text{OH}$) является наиболее реакционноспособным среди АФК и способен инициировать свободнорадикальные цепные реакции, атакуя различные клеточные компоненты. Окисление белковых молекул приводит к образованию пероксильных и алкилпероксильных радикалов, а также к формированию межмолекулярных кросс-связей, особенно при анаэробных условиях [1].

Окисление боковых цепей ароматических аминокислот, таких как триптофан, приводит к образованию метаболитов, что сопровождается утратой функциональных свойств белков. Цистеин и метионин, содержащие сульфгидрильные группы, особенно чувствительны к окислению, что приводит к образованию тиольных радикалов и нарушению структуры белковых молекул. Окисление белков до карбонильных соединений является необратимым процессом, что делает его особенно важным в контексте изучения механизмов старения и порчи пищевых продуктов [2].

Реакция Майяра, происходящая при нагревании пищевых продуктов, представляет собой сложный биохимический процесс, включающий взаимодействие аминокрупп аминокислот с карбонильными группами редуцирующих сахаров.

Этот процесс приводит к образованию промежуточных и конечных продуктов, которые могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на качество продуктов. Реакция Майяра играет ключевую роль в формировании вкуса, аромата и цвета пищевых продуктов, а также может влиять на процессы окисления липидов, что зависит от типа термической обработки и условий реакции. Вакуумная упаковка мясных продуктов представляет собой ключевой технологический процесс, обеспечивающий их стабильность при длительном хранении [3]. Данная методика позволяет минимизировать окислительные процессы, ингибировать рост микроорганизмов и сохранить органолептические характеристики продукции. Вакуумная упаковка также находит широкое применение в производстве обезвоженных мясных суповых смесей, где она обеспечивает сохранение текстуры, вкусовых качеств и питательных веществ, что является критически важным для обеспечения высокого качества конечного продукта.

Процессы замораживания и термической обработки оказывают существенное влияние на органолептические и физико-химические характеристики мяса. Окисление липидов приводит к структурным преобразованиям белков, делая их более уязвимыми к окислительным реакциям при хранении. В то же время термическая обработка улучшает вкусовые качества мяса, однако она также способствует возникновению окислительных изменений, что требует тщательного контроля и оптимизации условий хранения.

Для консервирования мясных продуктов применяются различные технологические методы, включая охлаждение, копчение, маринование, обезвоживание и радиационную обработку. Качество замороженных мясных продуктов определяется такими параметрами, как температура и продолжительность хранения, а также тип упаковочных материалов, которые должны обеспечивать герметичность и минимизировать воздействие кислорода [4].

Мясо подвергается микробиологическому и окислительному разложению, что требует применения современных методов консервации. Криогенное замораживание, благодаря крайне низким температурам и быстрому охлаждению, способствует сохранению текстуры и цвета мяса без значительных потерь питательных веществ. Традиционные методы консервации, такие как сушка, копчение, соление и ферментация, также играют важную роль, каждый из которых обладает своими уникальными преимуществами и особенностями.

Правильное охлаждение мяса является ключевым фактором обеспечения его микробиологической безопасности и сохранности. Охлаждение на воздухе, хотя и представляет собой эффективный метод, менее контролируемо и может привести к неравномерному распределению температуры, что снижает качество продукта. Охлаждающий спрей, напротив, позволяет поддерживать яркость мяса и минимизировать потерю веса, что имеет важное значение в пищевой промышленности [5].

Копчение мяса не только увеличивает его срок хранения, но и предотвращает развитие патогенных микроорганизмов. Дым, используемый в процессе копчения, содержит органические кислоты, альдегиды, кетоны и фенолы, обладаю-

щие мощными антибактериальными свойствами. Эти компоненты взаимодействуют с клеточными мембранами микроорганизмов, нарушая их целостность и препятствуя размножению.

Обезвоживание мяса является эффективным методом консервации, так как удаление влаги делает его менее доступным для микроорганизмов и снижает риск их роста. Сублимационная сушка представляет собой передовой метод обезвоживания, позволяющий сохранить питательные свойства и органолептические характеристики продукта. Этот метод основан на замораживании мяса и последующем удалении льда под вакуумом, что минимизирует структурные изменения и сохраняет качество продукта.

Список литературы

1. Электронный ресурс: [<https://www.meatjournal.ru/jour/article/view/298>]. (Дата: 07.10.2025)
2. Абалдова, В. А. Окислительные изменения липидов мяса механической обвалки индейки, полученного с использованием многозонного фильтра, при хранении / В. А. Абалдова, Г. В. Филиппова // Птица и птицепродукты. – 2018. – № 2. – С. 48-51. – DOI 10.30975/2073-4999-2018-20-2-48-51.
3. Оценка качества мяса курицы измерением pH и электропроводности его водного экстракта / С. Д. Пожидаева, К. Ф. Янких, Т. А. Задубровская, Ю. А. Миргород // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 169-183.
4. Сравнительная оценка цвета мяса с разным характером автолиза / Л. С. Кудряшов, О. А. Кудряшова, Г. В. Гуринович [и др.] // Мясная индустрия. – 2021. – № 4. – С. 22-25. – DOI 10.37861/2618-8252-2021-04-22-25.
5. Ukrainets, A. I. Antioxidant plant extracts in the meat processing industry / A. I. Ukrainets, V. M. Pasichniy, Y. V. Zheludenko // Biotechnologia Acta. – 2016. – Vol. 9, No. 2. – P. 19-27.

КРОХАЛЕВ ВИКТОР АНАТОЛЬЕВИЧ, к.э.н., доцент
(e-mail: victorkrohalev@gmail.com)

СУВОРОВА АЛЕНА СЕРГЕЕВНА, студент
Уральский государственный экономический университет,
г. Екатеринбург, Россия
(e-mail: Suvorovaas877@gmail.com)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРИЗ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

В статье авторами проанализированы технические и вкусовые противоречия, возникающие при внесении нетрадиционного растительного сырья в рецептуры мучных кондитерских изделий, предложены эффективные принципы их урегулирования на основе алгоритма теории решения изобретательских задач, сделан вывод о конкурентоспособности готовой продукции при условии успешной отработки и реализации разработанной технологии производства.

Ключевые слова: ТРИЗ, нетрадиционное растительное сырье, мучные кондитерские изделия, порошок зеленого матча, органолептический анализ

При разработке новых рецептов, включающих в себя нестандартные компоненты, важную роль играет система и упорядоченность процессов, которые послужат поиском информации даже в тех случаях, когда проблема имеет нестандартный характер.

Теория решения изобретательских задач (далее по тексту – ТРИЗ) является одним из инструментов, с помощью которого можно решать неординарные новаторские задачи [1]. Именно этим инструментом авторами было решено воспользоваться при создании новой рецептуры кексов с включением нетрадиционного растительного сырья – порошка зеленого матча с целью расширения ассортимента перечня группы мучных кондитерских изделий.

Порошок зеленого матча выбран для включения в традиционную рецептуру кексов по причине его интереса и спроса со стороны целевых потребителей. Выбранное растительное сырье богато антиоксидантами, в частности, катехинами, витаминами и хлорофиллом и является перспективным компонентом для обогащения кондитерских изделий [2].

В рамках эксперимента включения порошка зеленого матча в технологию приготовления кексов посредством прямой замены муки или добавления нетрадиционного сырьевого компонента к массе муки по унифицированной рецептуре могут возникнуть следующие противоречия:

1. вкусовое – насыщенный травянистый, с легкой горчинкой вкус порошка может конфликтовать со сладостью и нежностью традиционных кексов;

2. цветовое – яркий зелёный цвет нетрадиционного сырья может становиться тусклым, бурым или неравномерным после термообработки из-за окисления хлорофилла;

3. структурно-реологическое – введение сухого порошка изменяет баланс влаги и структуру теста, что может привести к клейкости готового изделия;

4. функциональное – высокие температуры при выпекании могут разрушать часть термочувствительных антиоксидантов, снижая изначальную пользу продукции.

Основываясь на имеющихся противоречиях, была выведена идеальная конечная цель (ИКЦ): порошок зеленого матча придает кексу насыщенный зеленый цвет, тонкий вкус и антиоксидантные свойства, не ухудшает при этом нежную текстуру, сладость и аромат классического изделия.

Далее авторами сформулированы технические противоречия (далее по тексту – ТП).

ТП №1: если в рецептуре увеличивается количество порошка зеленого матча для получения выраженных пользы и цвета, то тем самым вкус ухудшается (появляется горечь), как и текстура (изменяется влажность теста). Решением могут послужить следующие принципы:

- изменения окраски: модифицировать цвет продукта можно не только количеством нетрадиционного сырьевого компонента, но и поддержанием яркого зеленого цвета с помощью других способов;

- изменение агрегатного состояния: можно изменить способ введения порошка зеленого матча – предварительно замешать его в жидкой фазе, дать набухнуть; это улучшит дисперсность и сократит риск образования комков, которые дают излишнюю горечь;

- обратить вред в пользу: не маскировать легкую горчинку, а преподнести ее как изысканную особенность, сбалансировав сладостью глазури (к примеру, из белого шоколада, ванили) или добавив в тесто сладкие наполнители (белый шоколад, сушеные ягоды).

ТП №2: если при выпекании, с целью ускорить процесс приготовления повысить температуру, то произойдет снижение антиоксидантных свойств и яркости цвета. Решением могут послужить следующие принципы:

- проведение процесса в высокоскоростном темпе: можно придерживаться стандартной температуры при выпекании, но уменьшить размер изделия, к примеру, сделать порционные кексы; это сократит время термического воздействия на продукцию;

- переход к периодическому действию: рассмотреть возможные альтернативы в методах термообработки, к примеру, выпекать изделия в режиме «конвекция + пар» для установления более щадящего режима;

- местное качество: защитить наиболее чувствительные компоненты, к примеру, добавлением антиоксидантов-стабилизаторов (небольшого количества аскорбиновой кислоты или лимонного сока, замедляющих окисление хлорофилла и катехинов).

Следовательно, для удовлетворительного конечного результата стоит придерживаться следующей технологии приготовления кексов с внесением нетрадиционного растительного сырья:

1. уделить особое внимание подготовке сырья: просеять порошок зеленого матча вместе с мукой и разрыхлителем в целях равномерного распределения сухих составляющих;

2. процесс приготовления теста: произвести шадящий замес теста, чтобы предотвратить чрезмерное развитие клейковины; изменить способ формования, выпекать в малых формах при температуре 170-175°C в течение 15-20 минут; это минимизирует тепловое разрушение нутриентов;

3. контроль качества готовой продукции и органолептическая оценка. Готовые кексы должны соответствовать следующим требованиям к органолептическим показателям качества: цвет – яркий, равномерный зеленый, без бурых пятен; вкус – сбалансированный, с прослеживаемыми нотами порошка зеленого матча, но без доминирующей горечи, с умеренной сладостью; текстура – в меру влажная, нежная, мелкопористая. Кроме того, лабораторные исследования должны подтверждать сохранение значительного количества веществ, ингибирующих окислительное действие свободных радикалов.

Таким образом, принцип работы ТРИЗ и её применение с целью решения разного рода задач позволяет подойти к проблеме эмпирическим путем и дает возможность системно использовать разработанный алгоритм для решения сложных технологических задач. Представленный анализ противоречий и выявленные принципы их решения в ходе работы по системе ТРИЗ помогли оптимизировать рецептуру мучных кондитерских изделий и решить вопросы, касающиеся вкуса, цвета и текстуры готовых изделий. Успешная отработка и реализация разработанной технологии производства позволит кексам с включением порошка зеленого матча благополучно конкурировать на рынке с присутствующей аналогичной продукцией и в полной мере удовлетворять потребности целевой аудитории.

Список литературы

1. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач / Генрих Альтшуллер. – 9-е изд. – М.: Альпина Паблишер, 2016. – 402 с.
2. Девкота Х. П. и др. Наука о матче: биологически активные соединения, аналитические методы и биологические свойства // Тенденции в пищевой науке и технологиях. – 2021. – Т. 118. – С. 735–743.
3. Теория решения изобретательских задач: научное творчество: учебник для вузов / М. М. Зиновкина, Р. Т. Гареев, П. М. Горев, В. В. Утемов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 124 с.

УДК 631.17

ЛЕОНОВА ВАЛЕРИЯ ЕВГЕНЬЕВНА, студент

(e-mail: lll.ev.a1907@icloud.com)

БОЕВ СЕРГЕЙ ГРИГОРЬЕВИЧ, к.э.н., доцент

(e-mail: boev.boss@yandex.ru)

Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ В ПИЩЕВОЙ ЦЕПОЧКЕ: СТРАТЕГИИ И ТЕХНОЛОГИИ

Проблема потерь в пищевой цепочке представляет собой значительный вызов для сельского хозяйства и пищевой промышленности. По данным ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), примерно одна треть произведенной в мире пищи теряется или выбрасывается на разных этапах цепочки поставок. Это вызывает не только экономические потери, но и серьезные экологические и социальные проблемы. Решение этой проблемы требует комплексного подхода, включая внедрение современных технологий и применение стратегий по оптимизации процессов.

Ключевые слова: сельское хозяйство, пищевая безопасность, экологическая устойчивость, сокращение пищевых отходов, управление запасами, оптимизация логистики

Введение

Проблема потерь в пищевой цепочке становится все более актуальной в условиях растущего мирового населения и изменения климатических условий. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), примерно одна треть произведенной в мире пищи теряется или выбрасывается на различных этапах цепочки поставок — от фермерского поля до конечного потребителя. Эти потери не только наносят экономический ущерб, оцениваемый в миллиарды долларов, но также оказывают значительное воздействие на окружающую среду, ухудшая экологическую ситуацию и снижая ресурсы, доступные для производства пищи.

Снижение потерь в пищевой цепочке является важным шагом к обеспечению продовольственной безопасности и устойчивого развития. Для достижения этой цели необходимо внедрять современные технологии, оптимизировать процессы и развивать гуманитарные программы, охватывающие всех участников цепочки — от производителей до потребителей.

Обследование причин потерь, а также внедрение стратегий и технологий, направленных на минимизацию этих потерь, представляют собой ключевые задачи для исследователей, фермеров, переработчиков и policymakers. В данной статье рассматриваются основные причины потерь в пищевой цепочке, предлагаются стратегии их снижения и анализируются современные технологии, способствующие эффективному управлению ресурсами и повышению устойчивости агропродовольственных систем.

Причины потерь в пищевой цепочке

Потери в пищевой цепочке могут происходить на всех её этапах: от первичного производства и обработки до хранения, транспортировки и продажи. Понимание причин этих потерь является важным шагом к их минимизации.

Одной из главных причин потерь в пищевой цепочке являются недостаточные условия хранения. Продукты могут быть повреждены вследствие неправильной температуры или влажности.

На этапе транспортировки часто происходят потери, вызванные ненадлежащей упаковкой, переполненными грузовиками и длительными временными задержками в пути.

Ошибки в прогнозировании потребностей рынка могут приводить к перепроизводству и, как следствие, к избыточным запасам, которые не смогут быть реализованы.

Низкие стандарты качества и несоответствие продукции требованиям могут также стать причиной значительных потерь. Если продукты не соответствуют установленным нормам, они могут быть отклонены на этапе поставок розничным магазинам или на перерабатывающие предприятия.

Отсутствие современных технологий для мониторинга и управления процессами также является значительной причиной потерь.

Существует также психология потребителей, которая влияет на потери на этапе потребления. Многие потребители выбрасывают продукты, которые выглядят не идеальными или близки к истечению срока годности, даже если они все еще безопасны для употребления.

Стратегии снижения потерь в пищевой цепочке

Снижение потерь в пищевой цепочке требует внедрения комплексного подхода, который включает несколько стратегий, направленных на оптимизацию процессов на каждом этапе — от производства до потребления.

Улучшение сельскохозяйственных практик

Одна из первых задач состоит в оптимизации сельскохозяйственных технологий и методов. Внедрение систем точного земледелия, которые используют данные с датчиков, дронов и спутников для определения состояния полей, может существенно повысить урожайность и сократить потери. Такие технологии позволяют фермерам точно знать, когда и в каком количестве необходимо вносить удобрения или осуществлять полив, предотвращая ненужные затраты ресурсов и потери продукции.

Оптимизация логистики и управления запасами

Эффективная логистика — один из ключевых факторов снижения потерь. Внедрение автоматизированных систем управления складом (WMS) позволяет поддерживать точный учёт запасов и минимизирует излишки. Оптимизация маршрутов транспортировки и использование технологий отслеживания (например, GPS) позволяют своевременно доставлять продукцию, избегая порчи во время пути. Кроме того, необходимо заключение контрактов с надёжными транспортными компаниями, которые могут гарантировать соблюдение условий хранения.

Совершенствование технологий обработки и хранения

На этапе переработки и хранения особое внимание стоит уделить новым технологиям. Инновационные упаковочные решения, такие как вакуумная упаковка и модифицированная газовая упаковка, способны продлить срок хранения и сохранить качество продуктов. Системы контроля температуры и влажности в хранилищах помогут поддерживать оптимальные условия для хранения скоропортящихся товаров, предотвращая их порчу.

Образование и осведомлённость

Ключевым элементом в снижении потерь является образование участников пищевой цепочки. Обучающие программы для фермеров о современных методах хранения и переработки пищи могут существенно сократить потери на начальных этапах. Повышение осведомлённости потребителей о правильных способах хранения, сроках годности и возможности использования "пострадавших" продуктов также поможет уменьшить количество выбрасываемой пищи на этапе потребления.

Использование современных технологий

Технологические инновации играют важную роль в сокращении потерь. Внедрение решений на базе Интернета вещей (IoT) позволяет собирать и анализировать данные о состоянии продукции и условиях её хранения в реальном времени. Это даёт возможность оперативно реагировать на изменения, которые могут привести к порче. Использование алгоритмов машинного обучения для прогнозирования спроса также позволяет избежать перепроизводства и уменьшить количество нераспроданных товаров.

Блокчейн технологии для отслеживания продукции

Использование блокчейн-технологий для отслеживания продукции от поля до стола обеспечивает прозрачность и повышает доверие среди потребителей. Блокчейн позволяет фиксировать всю необходимую информацию о продукции — от её происхождения до условий хранения и транспортировки. Это дает возможность не только контролировать качество, но и выявлять узкие места на всех этапах, где могли произойти потери.

Снижение психологических барьеров у потребителей

Кампания по повышению сознательности среди потребителей также важна. Образовательные инициативы, направленные на изменение восприятия "неидеальной" пищи, могут помочь в сокращении выбросов. Информирование о том, что многие овощи и фрукты, имеющие не идеальную форму, все равно безопасны для употребления и полезны, может значительно повлиять на объем пищевых отходов на уровне домашних хозяйств.

Технологические решения для снижения потерь в пищевой цепочке

Современные технологии играют решающую роль в снижении потерь в пищевой цепочке, обеспечивая эффективное управление, контроль и оптимизацию процессов на каждом этапе.

Интернет вещей (IoT)

Интернет вещей представляет собой сеть взаимосвязанных устройств и датчиков, способных собирать и обмениваться данными в реальном времени. В контексте пищевой цепочки IoT позволяет:

- Мониторить условия хранения: Датчики температуры и влажности могут контролировать параметры в реальном времени, предотвращая порчу продуктов. При отклонении от установленных норм система может автоматически отправить уведомление, позволяя оперативно исправить ситуацию.

- Оптимизировать процессы: Устройства IoT позволяют более эффективно управлять запасами на складе, следить за движением продукции и минимизировать излишки.

Искусственный интеллект и анализ больших данных

Искусственный интеллект (AI) и технологии анализа больших данных открывают новые возможности для улучшения процесса управления в пищевой цепочке:

- Прогнозирование спроса: Машинное обучение помогает анализировать исторические данные и предсказывать будущий спрос на товары. Это позволяет избежать перепроизводства и излишков.

- Оптимизация процессов: AI может анализировать данные о производственных процессах и выявлять узкие места, предлагая решения для повышения эффективности, что, в свою очередь, способствует снижению потерь.

Системы управления цепями поставок (SCM)

Системы управления цепями поставок помогают обеспечивать интеграцию всех участников, взаимодействующих на различных этапах пищевой цепочки. Основные преимущества таких систем включают:

- Улучшение координации: Системы SCM позволяют обеспечить прозрачность и контроль на каждом этапе, что способствует уменьшению задержек и повышению скорости реагирования на изменения.

- Упрощение документооборота: Автоматизация процесса обмена документами между различными участниками цепочки помогает избежать ошибок и потерь информации, связанных с ручным вводом данных.

Блокчейн-технологии

Блокчейн предоставляет надежные механизмы для отслеживания и проверки информации о продуктах на всех этапах их цепочки. Ключевые преимущества блокчейна включают:

- Прозрачность: Возможность отслеживания каждой единицы продукции с момента её производства до потребителя позволяет повысить доверие к продуктам и улучшить качество управления.

- Безопасность: Данные, зафиксированные в блокчейне, защищены от подделок и изменений, что важно для обеспечения качества и безопасности продуктов.

Инновационные упаковочные решения

Современные упаковочные технологии играют важную роль в продлении срока хранения продуктов и поддержании их качества. Вот несколько примеров таких решений:

- Вакуумная упаковка: Удаление воздуха из упаковки помогает предотвратить окисление и рост микробов, что значительно увеличивает срок хранения.

- Модифицированная газовая упаковка (MAP): Изменение составов газов внутри упаковки (например, увеличение доли углекислого газа) позволяет продлить срок хранения свежих продуктов, снижая потери.

Автоматизация процессов

Автоматизация на различных этапах пищевой цепочки также помогает существенно снизить потери:

- Роботизация складов: Использование роботов для сортировки, упаковки и загрузки продукции ускоряет процессы и снижает вероятность ошибок, возникающих при ручном труде.

- Оптимизация производственных линий: Автоматизация операций на уровнях переработки и упаковки позволяет улучшить эффективность использования ресурсов и снизить вероятность порчи продукции.

Заключение

Снижение потерь в пищевой цепочке — это ключевая задача для продовольственной безопасности и устойчивости агропродовольственных систем. Потери, возникающие на всех этапах — от производства до потребления, негативно влияют на экономику и экосистемы. Для их решения необходим комплексный подход, включающий стратегические изменения и внедрение современных технологий.

Инновационные решения, такие как IoT, искусственный интеллект и блокчейн, а также оптимизация логистики и производственных процессов, способны существенно улучшить контроль за качеством и хранением продуктов. Образование и повышение осведомленности участников цепочки — от фермеров до потребителей — о способах сокращения потерь также играют важную роль.

Таким образом, интеграция технологий, стратегий и образовательных инициатив создаёт основу для повышения эффективности пищевой цепочки, что способствует снижению потерь и улучшению доступа к качественным продуктам. Чтобы достичь этих целей, важно активное сотрудничество всех участников — от производителей до потребителей. В условиях глобальных вызовов, таких как растущее население и изменение климата, эти шаги становятся необходимыми для обеспечения будущего благосостояния.

Список литературы

1. Долгих, С. Н. (2020). Проблемы и перспективы снижения потерь в пищевой цепочке. *Вестник аграрной науки*, 8(2), 45-52.
2. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO). (2021). Потери и отходы пищи: роль и значение инновационных технологий. [Электронный ресурс]. Доступно на: <http://www.fao.org/food-loss-and-waste>
3. Кузнецова, Е. А. & Петров, И. В. (2019). Системы управления цепями поставок: технологии и практики для агробизнеса. Издательство "Аграрная наука".
4. Семенова, Т. В. (2022). Современные подходы к оптимизации логистических процессов в агропромышленном комплексе. *Транспорт и логистика*, 12(3), 23-29.
5. Блокчейн в сельском хозяйстве: исследования и практические примеры. (2020). *Аграрный менеджмент*, 10(1), 5-15.

6. Салтыкова, Н. Н., & Яковлева, М. П. (2021). Влияние технологий на снижение потерь в цепочке поставок продуктов питания. Проблемы экономики и управления, 17(4), 78-85.
7. ЭкоСистема. (2019). Устойчивое развитие и технологии пищевой безопасности. [Электронный ресурс]. Доступно на: <https://www.ecosystem.ru>
8. Шевченко, В. А. (2020). Инновации в упаковке как способ снижения потерь продуктов питания. Научный журнал "Пищевая промышленность", 11(2), 112-118.
9. Продовольственная безопасность в условиях глобальных изменений. (2021). Доклад ООН, Нью-Йорк.
10. Потери продовольствия: как технологии трансформируют пищевую цепочку. (2022). Агроинновации. [Электронный ресурс]. Доступно на: <https://www.agronews.com>

DOI 10.47581/2025.FM-11.Chetvirikov-Andreev-01

ЧЕТВИРИКОВ ЕВГЕНИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, к.т.н., доцент

АНДРЕЕВ СЕРГЕЙ АНДРЕЕВИЧ, д.т.н., профессор

Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А.Тимирязева, г.Москва, Россия

(e-mail: asa-finance@yandex.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ФОРМЫ АНОДНОГО ТОКА МАГНЕТРОНА ОТ РЕЖИМА РАБОТЫ МИКРОВОЛНОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Статья посвящена вопросу повышения надежности микроволнового оборудования при термообработке сельскохозяйственных материалов. Установлено, что основной причиной выхода из строя микроволнового оборудования порционного действия является его ошибочное включение при незагруженной рабочей камере. Обоснована целесообразность автоматического выявления аварийного режима с последующим отключением питания. Приведены результаты физического моделирования цепи питания магнетрона с использованием гибридного аналого-цифрового устройства «Экстрема-1». Установлено, что аварийный режим характеризуется изменением нелинейного сопротивления в цепи анодного питания магнетрона, приводящего к искажению формы кривой тока. В результате разложения осциллограмм тока в ряд Фурье определена доминирующая роль пятой гармонической составляющей. Показано, что эффективное выделение пятой гармоники осуществляется посредством использования полосового фильтра. Описана конструкция микроволнового оборудования, оснащенного устройством защиты от аварийного режима.

Ключевые слова: Термообработка, микроволновое оборудование, порционный режим, надежность, магнетрон, аварийный режим, отраженная волна, кривая тока, искажение формы, нелинейное сопротивление, физическое моделирование, гармонический анализ, пятая гармоника, полосовой фильтр, устройство защиты.

Важное место в технологических процессах АПК занимает термо-обработка сельскохозяйственных материалов. Термообработка проводится на специализированном оборудовании, использующим конвективный теплообмен [1], инфракрасный [2] и микроволновый [3] подвод энергии. В последнее время по ряду технических и экономических причин возрастающее значение приобрел микроволновый или сверхвысокочастотный (СВЧ) нагрев. При этом в большинстве случаев термообработка производится в порционном режиме.

Следует признать, что широкому распространению термообработки сельскохозяйственных материалов СВЧ-энергией существенно препятствует недостаточная надежность микроволнового оборудования. Наиболее распространенной причиной преждевременного выхода из строя микроволнового электрооборудования является несогласованный режим работы магнетрона. Обычно этот режим является следствием ошибочных действий оператора, который допускает включение СВЧ-генератора при отсутствии нагрузки в рабочей камере. К сегодняшнему дню разработан ряд более или менее эффективных способов автоматического распознавания нагрузки [4], однако наилучшие результаты ожидаются при выявлении аварийного режима вне зависимости от вызвавшей его причины. Опыт эксплуатации микроволнового оборудования свидетельствует о допустимости аварийного режима продолжительностью до 10...15 секунд с последующим отключением СВЧ-генератора. За это время бомбардировка катода не успевает привести к необратимым последствиям, что определяет целесообразность поиска признака, по которому можно было бы фиксировать аварийный режим.

Попытки найти статистически существенную разницу в значениях потребляемого анодного тока при нормальном и аварийном режиме успеха не имели. Аналогично не были обнаружены изменения потребляемой мощности или коэффициента мощности в цепи переменного тока на первичной стороне повышающего трансформатора.

Анодное питание магнетрона в большинстве современных СВЧ-генераторах осуществляется однополупериодным выпрямленным напряжением порядка 5 кВ. С целью снижения массы и размеров генератора это напряжение формируется сочетанием повышающего трансформатора и схемой умножения напряжения (рис.1а). В результате наблюдения за формой кривой тока в цепи анодного питания магнетрона генератора КБЕ-82 было отмечено некоторое ее искажение при возникновении аварийного режима. На осциллограмме кривой тока отчетливо заметно образование двух экстремумов (AN и BN), являющееся следствием влияния нелинейности.

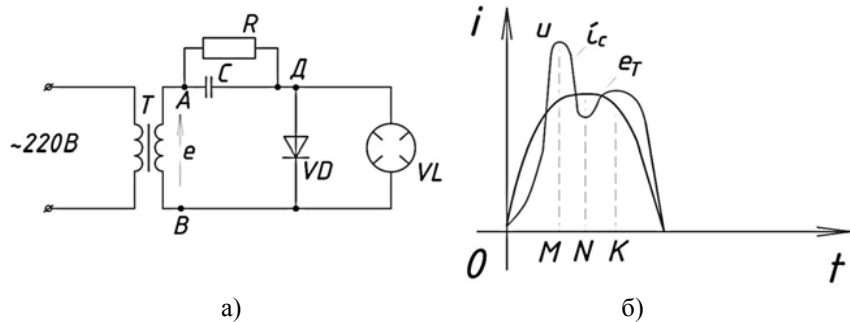


Рис.1 – Принципиальная электрическая схема цепи питания магнетрона (а) и осциллограммы тока и напряжений (б)

Произведем анализ цепи питания магнетрона по схеме замещения, представленной на рис. 2 а. На этой схеме индуктивности L_1 и L_2 и активные сопротивления R_1 и R_2 символизируют параметры первичной и вторичной обмоток повышающего трансформатора, а взаимоиנדуктивность M и активное сопротивление R_B –элементы, на которые приходятся энергетические потери в стали на намагничивание. Реальными элементами схемы питания являются конденсатор C и полупроводниковый диод VD . Активное сопротивление R_d представляет магнетрон VL .

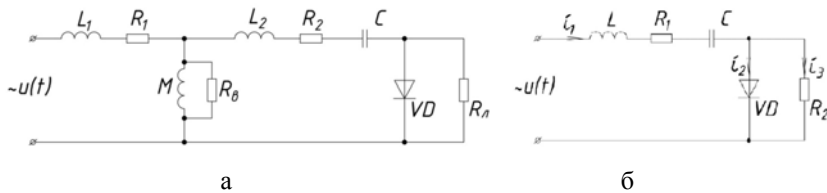


Рис.2 – Схемы замещения магнетрона и цепи его анодного питания

Для удобства дальнейшего рассмотрения преобразуем анализируемую схему цепи питания к виду, представленному на рис. 2 б. Составим систему уравнений, описывающих взаимосвязь токов и напряжений в дифференциальной форме:

$$\begin{cases} L \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 + \frac{1}{C} \int i_1 dt + u_{VD} = u(t) \\ L \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 + \frac{1}{C} \int i_1 dt + R_2 i_3 = u(t) \\ i_1 = i_2 + i_3 \end{cases} \quad (1)$$

Слагаемое u_{VD} в первом уравнении системы (1) соответствует мгновенному значению напряжения на диоде VD . Для описания Вольт-Амперной характеристики полупроводникового диода воспользуемся известной графической зависимостью, представленной на рис.3 а. Аппроксимируем эту зависимость

экспоненциальной функцией $i = u e^u$. Принимая во внимание, что в правых частях первого и второго уравнений системы (1) присутствуют напряжения, представим эту функцию в упрощенном виде: $u = e^i$.

Используя преобразование Лапласа, запишем систему (1) в операторной форме:

$$\begin{cases} L p i_1 + R_1 i_1 + \frac{1}{C p} i_1 + e^{i_2} = u(p) \\ L p i_1 + R_1 i_1 + \frac{1}{C p} i_1 + R_2 i_3 = u(p) \\ i_1 = i_2 + i_3 \end{cases} \quad (2)$$

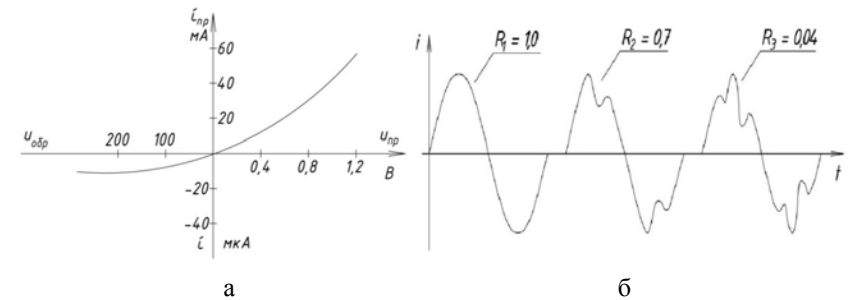


Рис. 3 – Вольт-Амперная характеристика диода (а) и осциллограмм кривых анодного тока (б), полученные по модели

В каноническом виде система уравнений (2) будет иметь вид:

$$\begin{cases} L p i_1 + R_1 i_1 + \frac{1}{C p} i_1 + e^{i_2} - u(p) = 0 \\ L p i_1 + R_1 i_1 + \frac{1}{C p} i_1 + R_2 i_3 - u(p) = 0 \\ i_1 - i_2 - i_3 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Для физического моделирования процесса, соответствующего системе (3), используем гибридное аналого-цифровое устройство «Экстрема-1» [5]. Произведем замену переменных на машинные символы:

$$u(p) \rightarrow x_2, i_1 \rightarrow x_3, i_2 \rightarrow x_8, i_3 \rightarrow x_7$$

Тогда система (3) примет вид:

$$\begin{cases} L p x_3 + R_1 x_3 + \frac{1}{C p} x_3 + e^{x_8} - x_2 = 0 \\ L p x_3 + R_1 x_3 + \frac{1}{C p} x_3 + R_2 x_7 - x_2 = 0 \\ x_3 - x_8 - x_7 = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Для моделирования гармонических колебаний в функции времени использована вспомогательная система машинных уравнений:

$$\begin{cases} p x_1 - x_2 = 0 \\ p x_2 + x_1 = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Присоединяя вспомогательную систему (5) к основной системе (4), получим:

$$\begin{cases} Lpx_3 + R_1x_3 + \frac{1}{Cp}x_3 + e^{x_8} - x_2 = 0 \\ Lpx_3 + R_1x_3 + \frac{1}{Cp}x_3 + R_2x_7 - x_2 = 0 \\ x_3 - x_8 - x_7 = 0 \\ px_1 - x_2 = 0 \\ px_2 + x_1 = 0 \end{cases}$$

В результате домножения всех членов первого уравнения системы на cp и обозначения суммы последних двух слагаемых символом x_6 , получим:

$$\begin{cases} CLp^3x_3 + CR_1px_3 + x_3 - cpx_6 = 0 \\ x_6 - e^{x_8} - x_2 = 0 \\ x_6 + R_2x_7 - x_2 = 0 \\ x_3 - x_8 - x_7 = 0 \\ px_1 - x_2 = 0 \\ px_2 + x_1 = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Первую и вторую производную переменной x_3 реализуем дополнительными функциями x_4 и x_5 . Тогда система уравнений (6) примет вид:

$$\begin{cases} px_1 - x_2 = 0 \\ px_2 + x_1 = 0 \\ px_3 - x_4 = 0 \\ px_4 - x_5 = 0 \\ px_6 - \frac{c}{c}lx_5 - \frac{c}{c}R_1x_4 - \frac{1}{c}x_3 = 0 \\ x_6 + e^{x_8} - x_2 = 0 \\ x_6 + R_2x_7 - x_2 = 0 \\ x_3 - x_8 - x_7 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

В процессе физического моделирования системы (7) осуществлялось изменение значения R_2 от 0 до 1. По результатам наблюдения на экране осциллографа были отмечены кривые, представленные на рис. 3 б. Полученный результат подтверждает влияние активного сопротивления на форму кривой тока в цепи анодного питания магнетрона. Следовательно, форма кривой тока может являться признаком наличия нагрузки в рабочей камере. Поскольку визуализированная форма признака для автоматического распознавания аварийного режима неудобна, последующие исследования были направлены на выявление косвенного и одновременно количественного показателя искажения формы тока. Периодичность рассматриваемой функции и отсутствие в ней точек разрыва позволили подвергнуть ее гармоническому анализу. В результате разложение несинусоидальной периодической функции в ряд Фурье определялись параметры гармонических составляющих:

$$y(t) = A_0 + A_1\sin(\omega t + \varphi_1) + A_2\sin(2\omega t + \varphi_2) + A_3\sin(3\omega t + \varphi_3) + \dots = \sum_{k=1}^n A_k \sin(k\omega t + \varphi_k) \text{ или } y(t) = a_0 + \sum_{k=1}^n (a_k \cos \omega_k t + b_k \sin \omega_k t)$$

где $a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T y(t) dt$, $a_k = \frac{2}{T} \int_0^T y(t) \cos \omega_k t dt$, $b_k = \frac{2}{T} \int_0^T y(t) \sin \omega_k t dt$

Для приближенных вычислений интегральные составляющие заменялись суммами конечного количества слагаемых, для расчета которых использовался графо-аналитический метод Перри:

$$a_0 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^m y(t), \quad a_k = \frac{2}{m} y(t) \cos(2k\pi/m), \quad b_k = \frac{2}{m} y(t) \sin(2k\pi/m)$$

где k – номер гармонической составляющей; $k = 1, 2, 3, \dots, n$; m – количество аппроксимирующих ординат, а значения амплитуд и фаз вычислялись по формулам:

$$A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}, \quad \varphi_k = \arctg \frac{b_k}{a_k}$$

В результате гармонического анализа было установлено, что искажение формы кривой тока при изменении режима работы микроволнового оборудования определяется увеличением значения пятой синусоидальной составляющей на 15...25%. Для технической реализации выявленной зависимости разработано и испытано устройство защиты, обеспечивающее распознавание аварийного режима по уровню напряжения пятой гармоники и немедленное отключение питания генератора [6].

На рис.4 представлена упрощенная функциональная схема микроволнового оборудования с таким устройством защиты, а на рис.5 – его принципиальная электрическая схема.

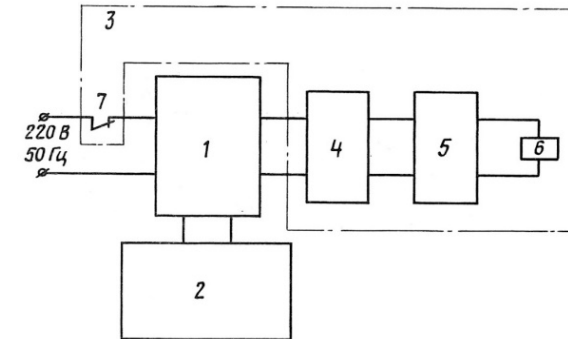


Рис.4 – Функциональная схема микроволнового оборудования с устройством защиты от аварийного режима

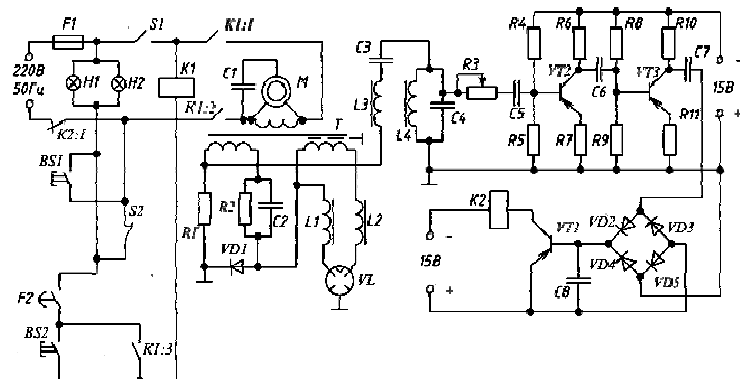


Рис.5 – Принципиальная электрическая схема микроволнового оборудования с устройством защиты от аварийного режима

Микроволновое оборудование содержит СВЧ-генератор 1 на магнетроне *VL*, рабочую камеру 2 и устройство 3 защиты, включенное в цепь анодного питания магнетрона. Устройство 3 защиты состоит из полосового фильтра 4 на пятую гармонику питающего напряжения (на частоту 250 Гц), выполненного на конденсаторах *C3* и *C4* и дросселях *L3* и *L4*, и соединенных со входом двухкаскадного усилителя 5. В усилителе 5 использованы полупроводниковые триоды *VT3*, *VT4* и *VT1*. К выходу усилителя 5 подключена обмотка катушки *K2* реле 6, а его нормально замкнутые контакты установлены в цепи питания СВЧ-генератора 1.

При наличии нагрузки в рабочей камере 2 контакты *K2:1* замкнуты, что позволяет включить СВЧ-генератор 1 и подвергнуть материалы термической обработке. При этом форма кривой тока в цепи анодного питания магнетрона *VL* близка к синусоидальной, а величина напряжения на выходе полосового фильтра 4 практически отсутствует. Напряжение на выходе усилителя 5 не превышает значение порога срабатывания реле 6 и технологический процесс продолжается.

При отсутствии нагрузки образуется аварийный режим, характеризующийся появлением отраженной волны и искажением формы кривой тока в цепи анодного питания магнетрона *VL*. На выходе полосового фильтра 4 и на выходе усилителя 5 появляется напряжение, что определяет срабатывание реле 6 и отключение питания СВЧ-генератора 1.

Таким образом, проведенные исследования позволили сделать вывод о возможности автоматического выявления аварийного режима микроволнового оборудования по результатам анализа формы кривой тока магнетрона. Установлено, что искажение формы кривой при возникновении аварийного режима обусловлено изменением нелинейного сопротивления в цепи питания магнетрона, а доминирующая роль в этом искажении принадлежит пятой гармони-

ческой составляющей. Эффективное выделение пятой гармоники осуществляется посредством использования полосового фильтра.

Список литературы

1. Патент 138737 Российская Федерация, МПК Н 05 В6/64 (2006.01). Отопительно-варочная печь. – Андреев С.А., Судник Ю.А., Петрова Е.А., Бессонов К.Е., Богаченков А.Г. Заявка № 2013141054 от 06.09.2013, опубли. 20.03.2014, Бюл. № 8.
2. Крисун Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники. – М.: Сов.радио, 1978 – 400 с.
3. Бородин И.Ф., Шарков Г.А., Горин А.Д. Применение СВЧ-энергии в сельском хозяйстве. М.: ВНИИТЭагропром, 1987 – 43 с.
4. Андреев С.А., Загинайлов В.И. Энергоресурсосбережение в микроволновых установках сельскохозяйственного назначения. М.: Мегapolis, 2020, – 126 с.
5. Грездов Г.И. Теория и применение гибридных моделей. – К.: Наукова думка, 1975. – 271 с.
6. Авторское свидетельство 1232157 СССР, МКИ А 01 С 1/00. Установка для СВЧ-обработки / И. Ф. Бородин, Г. А. Шарков, С. А. Андреев, Заявка № 3828665/30–15 от 05.11.1984 ; опубли. 23.05.1986, Бюл. № 19.

Заключение

Исследования информационных систем и разработка их технологий в АПК и ПГС охвачены цифровыми технологиями, которые позволяют работникам предприятия оперативно выполнять повседневную работу. В нашей стране быстрыми темпами развивается малый и средний бизнес. Одно из главных условий успешного развития является способность использовать каждую возможность к развитию, повышению эффективности работы и уменьшению затрат. На нашей конференции мы выяснили, что информационные технологии позитивно влияют не только на прибыльность отдельно взятых предприятий АПК и ПГС, они также повышают и благосостояние экономики в целом, делают рынок более открытым к внедрению инноваций, которые оказывают положительное влияние на рост и развитие бизнеса во всех направлениях. Эффективность деятельности компаний агропромышленного комплекса и промышленно-гражданского строительства зависит от количества и качества представленных услуг. В отделы компаний сведения и запросы поступают в большом количестве, и здесь никак не обойтись без использования специальных программных средств. Поэтому, как мы с вами выяснили, вопрос автоматизации структурных подразделений особенно актуален. Развитие современной системы ведения бизнеса непрерывно связано с развитием информационных технологий. Электронная коммерция обеспечивает доступ населения к более широкому ассортименту товаров, по более низким ценам. Таким образом, мы наблюдаем, что рост популярности электронной коммерции приводит к увеличению числа людей, заинтересованных в открытии своего собственного бизнеса в этой области. Всем участникам конференции желаю успешного сотрудничества с информационными технологиями в виде искусственного интеллекта и нейросетевых технологий, выбранных направлениях исследования и дальнейшего развития. И приглашаю на ноябрьскую 3-ю Всероссийскую научно-практическую конференцию «Ресурсосбережение и экология: агропромышленный комплекс проектирование и строительство», которая состоится 21 ноября 2025 года на базе Курского ГАУ. Тема конференции особенно актуальна в нашем нестабильном мире, но есть уголки нашей родной природы, которым удаётся в течение 30 млн. лет оставаться экологически чистыми с индустриализацией и цифровизацией всей страны. Об этом и других интересных открытиях в нашей ноябрьской конференции, во главе с модератором Гороховым Александром Анатольевичем и отличными командами кафедры физико-математических дисциплин и информатики, во главе с профессорами Волковой Светланой Николаевной и Сивак Еленой Евгеньевной, а также заведующим кафедрой промышленного и гражданского строительства Шлеенко Алексеем Васильевичем.

Благодарю всех за присланные статьи и доклады и до новых встреч.

*Председатель организационного комитета,
профессор Курского ГАУ, Волкова С.Н.*

Научное издание

3-я Международная
научно-практическая конференция

Информационные системы и технологии АПК и ПГС

сборник научных статей

10 октября 2025 года

ISBN 978-5-00261-544-5



9 785002 615445 >

Подписано в печать 19.10.2025 г.

Формат 60x84 1/16, Бумага офисная

Уч.-изд. л. 14,9. Усл. печ. л. 16,5. Тираж 100 экз. Заказ № 3021

Отпечатано в типографии

Закрытое акционерное общество "Университетская книга"

305018, г. Курск, ул. Монтажников, д.12

ИНН 4632047762 ОГРН 1044637037829 дата регистрации 23.11.2004 г.

Телефон +7-910-730-82-83