

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

№112, Август 2024
(Часть 6)



Самара, 2024

T33

Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования» №112, Август 2024 (Часть 6) - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2024 - 176 с.

doi: 10.18411/trnio-08-2024-p6

Тенденции развития науки и образования - это рецензируемый научный журнал, который в большей степени предназначен для научных работников, преподавателей, доцентов, аспирантов и студентов высших учебных заведений как инструмент получения актуальной научной информации.

Периодичность выхода журнала – ежемесячно. Такой подход позволяет публиковать самые актуальные научные статьи и осуществлять оперативное обнародование важной научно-технической информации.

Информация, представленная в сборниках, опубликована в авторском варианте. Орфография и пунктуация сохранены. Ответственность за информацию, представленную на всеобщее обозрение, несут авторы материалов.

Метаданные и полные тексты статей журнала передаются в наукометрическую систему ELIBRARY.

Электронные макеты издания доступны на сайте научного центра «LJournal» - <https://ljournal.org>

© Научный центр «LJournal»
© Университет дополнительного
профессионального образования

УДК 001.1
ББК 60

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Черноятов Александр Михайлович

Кандидат экономических наук, Профессор

Царегородцев Евгений Леонидович

Кандидат технических наук, доцент

Пивоваров Александр Анатольевич

Кандидат педагогических наук

Малышкина Елена Владимировна

Кандидат исторических наук

Ильющенко Дмитрий Павлович

Кандидат технических наук

Дробот Павел Николаевич

Кандидат физико-математических наук, Доцент

Божко Леся Михайловна

Доктор экономических наук, Доцент

Бегидова Светлана Николаевна

Доктор педагогических наук, Профессор

Андреева Ольга Николаевна

Кандидат филологических наук, Доцент

Абасова Самира Гусейн кызы

Кандидат экономических наук, Доцент

Попова Наталья Владимировна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Ханбабаева Ольга Евгеньевна

Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

Вражнов Алексей Сергеевич

Кандидат юридических наук

Ерыгина Анна Владимировна

Кандидат экономических наук, Доцент

Чебыкина Ольга Альбертовна

Кандидат психологических наук

Левченко Виктория Викторовна

Кандидат педагогических наук

Петраш Елена Вадимовна

Кандидат культурологии

Романенко Елена Александровна

Кандидат юридических наук, Доцент

Мирошин Дмитрий Григорьевич

Кандидат педагогических наук, Доцент

Ефременко Евгений Сергеевич

Кандидат медицинских наук, Доцент

Шалагинова Ксения Сергеевна

Кандидат психологических наук, Доцент

Катермина Вероника Викторовна

Доктор филологических наук, Профессор

Полицинский Евгений Валериевич

Кандидат педагогических наук, Доцент

Жичкин Кирилл Александрович

Кандидат экономических наук, Доцент

Пузыня Татьяна Алексеевна

Кандидат экономических наук, Доцент

Ларионов Максим Викторович

Доктор биологических наук, Доцент

Афанасьева Татьяна Гавриловна

Доктор фармацевтических наук, Доцент

Байрамова Айгюн Сеймур кызы

Доктор философии по техническим наукам

Лыгин Сергей Александрович

Кандидат химических наук, Доцент

Заломнова Светлана Петровна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Биймурсаева Бурулбубу Молдосалиевна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Радкевич Михаил Михайлович

Доктор технических наук, Профессор

Гуткевич Елена Владимировна

Доктор медицинских наук

Матвеев Роман Сталинарьевич

Доктор медицинских наук, Доцент

Шамутдинов Айдар Харисович

Кандидат технических наук, Профессор

Найденов Николай Дмитриевич

Доктор экономических наук, Профессор

Романова Ирина Валентиновна

Кандидат экономических наук, Доцент

Хачатурова Карине Робертовна

Кандидат педагогических наук

Кадим Мундер Мулла

Кандидат филологических наук, Доцент

Григорьев Михаил Федосеевич

Кандидат сельскохозяйственных наук

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ XXIV. АГРОНОМИЯ	7
Блиновских А.С. Инновационные методы борьбы с почвенной эрозией: перспективы и применение в современном сельском хозяйстве	7
Вардамацкая К.В. Люпин: его роль и значение в агропромышленном комплексе.....	9
Димитриенко О.В. Перспективы развития сельского хозяйства в Краснодарском крае.....	13
Колесниченко Т.В. Влияние импортозамещения на развитие сельского хозяйства в Краснодарском крае.....	15
Кружков А.В., Козаева М.И. Оценка биологической адаптивности различных форм и сортов косточковых культур на основе показателей эндофитной, эпифитной, воздушной микробиоты	17
Серегин М.В. Сравнение агротехнологических операций по заготовке сенажа.....	22
РАЗДЕЛ XXV. НАУКИ О ЗЕМЛЕ	25
Долгополова Е.Н. Гидрологические процессы в устьевой области р. Юкон в условиях изменяющегося климата.....	25
Митрофанов Н.М., Митрофанова Т. Ю. Гидрологический потенциал Кыргызстана: хозяйственный, энергетический, рекреационный потенциал.....	34
Римкевич В.С., Пушкин А.А., Гиренко И.В. Эффективная фторидно-аммониевая технология переработки золошлаковых отходов после сжигания углей Приамурья	40
Чернова Т.Т., Осипов А.В. Выветривание как процесс разрушения почвообразующих минералов	46
РАЗДЕЛ XXVI. ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО	48
Гриднев А.Н., Агаширинов Р.О. Математическое моделирование ореола обитания ели Глена в условиях юга Сахалинской области.....	48
РАЗДЕЛ XXVII. РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО	52
Махонина В.А. Влияние известкования на гидрохимические показатели водоёма	52
РАЗДЕЛ XXVIII. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	56
Аль-Этаби А.А. Методология выбора трещин при численном моделировании эксплуатационных характеристик обводненных скважин со сверхнизкой проницаемостью ..	56
Балтрашевич В.Э. Использование систем, основанных на знаниях, для создания учебно-тренировочных средств для программных комплексов	59
Бобунов А.Ю. Внедрение непрерывной интеграции (CI/CD) и автоматизации тестирования в финансовые проекты	63
Большин Р.Г., Кондратьева Н.П., Краснолуцкая М.Г., Мардарьев С.Н.³, Мардарьева Н.В. Разработка цифровой системы для автоматического управления параметрами среды с использованием элементов нейросети.....	68

Евграфов В.А. Шамуратов Д.Д. Технологический процесс диагностирования тормозной системы КамАЗ-65117	73
Кенджаев А.Т. Применение передовых технологий для оптимизации логистики и дистрибуции в США	77
Кириллов Д.О. Влияние видимости на возможность выполнения заходов на посадку по различным категориям с использованием ILS	82
Кириллов Д.О. Обзор текущего состояния физики обледенения и смягчения его последствий в авиации	87
Кондратьева Н.П.1, Большин Р.Г.2, Краснолуцкая М.Г.1, Мардарьев С.Н.3, Мардарьева Н.В.3 Использование сквозных цифровых технологий с элементами нейросети / искусственного интеллекта в современном производстве	91
Постовой А.А. Общие экологические требования к строительству	95
Постовой А.А., Киреев Е.В. Технология бетонирования конструкций бетононасосом	97
Соколов Н.С. Буроинъекционные сваи ЭРТ при усилении слабых оснований	101
Соколов Н.С. Заглубленная конструкция усиления основания	106
Соколов Н.С. Подход устройства удерживающих конструкций	111
Сулина О.В., Шестернина Е.А. Применение тематического тестирования для подготовки к семинарам по дисциплине «Начертательная геометрия» в технических ВУЗах	116
Суханова Е.В., Хайдарова Н.Ч., Шанава Д.Д. Сравнительный анализ морских портов и грузооборота на территории Дальневосточного и Азово-Черноморского побережья России	119
Тойгамбаев С.К. Выбор схемы и оптимизация режимов плазменной наплавки кулачков распределительных валов двигателей	123
Тойгамбаев С.К. Технология восстановления кулачков распределительных валов ДВС ...	128
Тойгамбаев С.К. Расчеты конструкции плазмотрона для наплавки порошков при восстановлении работоспособности деталей машин	133
Халиков Р.М., Иванова О.В., Павлов С.Ю., Глазачев А.О. Инновационные тенденции эффективного приготовления битумных эмульсий при строительстве автомобильных дорог	139
Хуо Ж., Юй Ш. Оценка характеристик осаждения частиц в пластинчатых отстойниках на основе Ansys Fluent	142
Шамутдинов А.Х., Рахимжанов Н.Е., Брыкин Д.Н. Кинематика КМУ на базе квадроцикла	146
Шипиловских Н.А., Валюк А.С. Оптимизация алгоритмов сортировки данных для производственной эффективности	150
Bukhtueva I. Intellectual property implications of GenAI-generated content in B2B contexts	153
РАЗДЕЛ XXIX. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА	159
Боднарук М.Р., Боднарук Т.Р. Искусственный интеллект как инструмент обеспечения информационной безопасности облачных решений	159
Брылев А. А. Использование компьютерной симуляции для оценки рисков ошибок планирования и принятия решений при работе с масштабными проектами	162
Брылев А. А. Основы становления backend-разработчика	164
Грепан В.Н. Блокчейн и способы анализа фрод-транзакций	166

РАЗДЕЛ XXIV. АГРОНОМИЯ

Блиновских А.С.

Инновационные методы борьбы с почвенной эрозией: перспективы и применение в современном сельском хозяйстве

ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
(Россия, Краснодар)

doi: 10.18411/trnio-08-2024-285

Аннотации

В данном тексте обсуждаются текущие проблемы, связанные с ухудшением качества почвы из-за эрозии. Также рассматриваются современные инновационные подходы к предотвращению и снижению почвенной эрозии, включая методы сохранения почвы, применение устойчивых технологий в земледелии, а также использование различных материалов.

Ключевые слова: посевы, сельское хозяйство, почвенная эрозия, ухудшение качества почвы, инновационные подходы

Abstract

This text discusses the current problems associated with the deterioration of soil quality due to erosion. Modern innovative approaches to the prevention and reduction of soil erosion are also considered, including methods of soil conservation, the use of sustainable technologies in agriculture, as well as the use of various materials.

Keywords: crops, agriculture, soil erosion, deterioration of soil quality, innovative approaches

Почвенная эрозия — это процесс утраты почвенного слоя под воздействием воды, ветра или других факторов, таких как человеческая деятельность.

Существует несколько основных видов почвенной эрозии, каждый из которых характеризуется определенными причинами и механизмами разрушения почвы.

1. Водная эрозия, которая происходит под воздействием дождя и ручьев. Водные потоки разрушают верхний слой почвы, что приводит к образованию ручьев, оврагов и более глубоких канав.
2. Ветер также может быть сильным фактором, вызывающим эрозию почвы. Сильные ветры переносят легкие почвенные частицы на большие расстояния, что приводит к обнажению почвы и потере ее плодородного слоя.
3. Гидро-ветровая эрозия сочетает воздействие как воды, так и ветра. В результате этого процесса почва может разрушаться как под действием дождя, так и ветра, что усиливает ущерб для почвы.
4. Лавинная эрозия, чаще всего происходит в гористых районах, где лавины сносят почву с крутых склонов под действием гравитации.
5. Эрозия из-за человеческой деятельности. Самый распространенный тип эрозии, вызываемый действиями человека, такими как неудачное земледелие, лесозаготовки, строительство дорог и застройка территорий.

Влияние почвенной эрозии может быть катастрофическим. Она приводит к уменьшению плодородия почвы, снижению урожайности, загрязнению водных ресурсов относительно почвенными частицами и химическими веществами, а также вызывает изменения в экосистемах. Помимо этого, почвенная эрозия способствует разрушению сельскохозяйственных угодий, ухудшению качества воздуха и увеличению риска стихийных бедствий, таких как наводнения.

Почвенная эрозия является серьезной проблемой, которая угрожает плодородию почвы, экосистемам и устойчивому развитию сельского хозяйства. Для борьбы с этим явлением разрабатываются и применяются различные инновационные методы, которые помогают уменьшить ущерб от эрозии и сохранить качество почвы.

1. Агрофорестрия — это устойчивая система земледелия, которая объединяет выращивание деревьев, кустарников и сельскохозяйственных культур на одной территории. Эта практика сочетает в себе элементы лесного хозяйства и сельского хозяйства, что позволяет повысить продуктивность почвы, улучшить биоразнообразие, сохранить водные ресурсы, а также смягчить воздействие климатических изменений.

Преимущества агрофорестрии включают в себя:

1. Увеличение урожайности за счет создания благоприятной микросреды для растений.
 2. Защита почвы от эрозии и улучшение ее структуры.
 3. Создание дополнительных источников дохода для фермеров (например, продажа древесины).
 4. Содействие сохранению биоразнообразия и экосистем.
 5. Уменьшение выбросов парниковых газов и борьба с изменением климата.
2. Террасирование, включает создание террас на склонах для удержания почвы и воды. Террасы помогают снизить скорость стока воды и предотвращают образование оврагов.
 3. Использование биоразнообразных культур. Выращивание разнообразных культур на полях может помочь уменьшить ущерб от почвенной эрозии. Разнообразие растений способствует улучшению структуры почвы и ее устойчивости.

Например, многолетние травы, такие как клевер, люцерна или различные виды злаков, имеют глубокую корневую систему, которая способствует удержанию почвы и предотвращению ее размывания в результате дождей или ветра. Кроме того, использование разнообразных культур способствует улучшению биологического разнообразия почвы, что в свою очередь способствует ее здоровью и плодородию.

Введение биоразнообразных культур также способствует уменьшению необходимости применения пестицидов и удобрений, что в конечном итоге может снизить негативное воздействие на окружающую среду.

4. Применение геотекстиля и биоразлагаемых материалов является одним из методов борьбы с почвенной эрозией. Эти материалы могут быть применены в различных способах.

Геотекстиль — это материал, который используется для укрепления почвы и защиты ее от эрозии. Он может быть размещен на поверхности почвы или внедрен в нее для улучшения ее устойчивости. Геотекстиль помогает удерживать почву на месте, предотвращая ее перемещение под действием воды или ветра.

В тоже время, биоразлагаемые материалы являются экологически более безопасной альтернативой пластиковым и синтетическим материалам. Они могут использоваться для создания барьеров против эрозии, таких как заборы или преграды, которые помогают удерживать почву на склонах или вдоль рек и потоков.

5. Гидроинженерные сооружения. Строительство дамб, вододерживающих сооружений и других инженерных систем может помочь контролировать потоки воды и предотвращать разрушение почвы.

6. Применение технологий точного земледелия. Использование современных технологий, таких как GPS, дистанционное зондирование и дроны, позволяет более точно планировать и управлять сельскохозяйственными операциями, минимизируя воздействие на почву.

Спутниковые данные и дистанционное зондирование позволяют сельхозпроизводителям анализировать состояние почвы на больших участках. Например, данные о наклоне участков

земли и степени их укрытия растительностью могут помочь выявить уязвимые участки, где возможна эрозия.

Системы мониторинга почвенной влажности позволяют оптимизировать поливные системы. Используя датчики влажности почвы и данные о погоде, сельхозпроизводители могут точно определять, когда и сколько нужно поливать, предотвращая переувлажнение или пересушивание почвы, что способствует ее устойчивости к эрозии.

Системы GPS используются для точного навигационного управления тракторами и сеялками, что позволяет высаживать культуры вдоль линий одного уровня высоты, уменьшая риск эрозии.

Комбинирование различных подходов, может значительно улучшить устойчивость сельского хозяйства и защитить почву от разрушительного воздействия.

Применение этих методов не только помогает предотвратить почвенную эрозию, но также способствует повышению урожайности, сохранению водных ресурсов, уменьшению выбросов парниковых газов и обеспечению устойчивости экосистем. Эти инновации играют важную роль в создании более устойчивой и экологически безопасной сельскохозяйственной системы.

Продолжение и расширение использования этих методов в сельском хозяйстве могут привести к значительным улучшениям в области сохранения почвы, борьбы с изменением климата и обеспечения продовольственной безопасности. Эти инновационные методы могут быть эффективны в борьбе с почвенной эрозией и способствовать сохранению плодородия почвы и устойчивости экосистем.

1. Балабанов В. И., Железова С. В., Березовский Е. В., Беленков А. И., Егоров В. В. Навигационные системы в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. — М.: Из-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013.
2. Гендугов, В. М. Ветровая эрозия почвы и запыление воздуха / В. М. Гендугов, Г. П. Глазунов. — М. : Физматлит, 2007. — 240 с.
3. Ларионов, Г. А., Эрозия и дефляция почв : основные закономерности и количественные оценки / Г. А. Ларионов. — М. : Изд-во МГУ, 1993. — 200 с.
4. Медведев Н. В. /Рекомендации по применению противоэрозионных геосинтетических материалов / Н. В. Медведев – СПб.: МИАКОМ, 2013 – 51 с., ил.

Вардамацкая К.В.

Люпин: его роль и значение в агропромышленном комплексе

*Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева
(Россия, Калуга)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-286

Научный руководитель: Савин М.И

Аннотация

Статья содержит описание видов люпина используемые в сельскохозяйственном производстве, описаны основные направления возделывания люпина в нашей стране, а также зарубежный опыт использования этой культуры.

Ключевые слова: узколистый люпин, алкалоиды, белый люпин

Abstract

The article contains a description of the types of lupine used in agricultural production, describes the main directions of cultivation of lupine in our country, as well as foreign experience in using this crop.

Keywords: narrow-leaved lupine, alkaloids, white lupine

Люпин, культура объединяющая более 200 видов однолетних и многолетних видов. Из всех видов наибольшее распространение получили однолетние виды люпина, также встречаются посевы и люпина многолистного. Люпин как и остальные бобовые культуры способен усваивать молекулярный азот атмосферы, после выращивания в почве остается от 100 и при благоприятных условиях до 400 кг легко усвояемого азота для последующих посевов, также благодаря корневым выделениям растения способны усваивать соединения фосфора в недоступной для многих растений форме.

Также возделывание люпина оказывает влияние на повышение плодородия почвы. Исследования проводимые Всероссийским научно-исследовательским институтом люпина показали, что использование люпина в качестве сидерального пара способствует повышению уровня в период 2010-2015гг. содержание гумуса составляло 0,08%.

Люпин узколистный благодаря своей способности формировать урожаи в условиях бедных песчаных почвы получил широкое распространение в сельскохозяйственном производстве. Прорастание семян возможно уже при температуре +5 °С, выдерживает заморозки до -5...-7 °С. Отличается корневой системой проникающей на глубину до 2 метров, а также прямостоячим стеблем высотой до 1,5 метра.

Люпин белый (*Lupinus albus*) – одна из древнейших культур в мировом земледелии, в России возделывается на малых площадях в Центрально-Черноземной зоне и Дальнем Востоке. Наиболее теплолюбивый из упомянутых видов, а также отличается наибольшей жаро- и засухоустойчивостью. Не переносит отрицательных температур, предпочитает плодородные, но может возделываться на песчаных почвах. Семена крупные, сплюснутые, округло-четырёхугольные, белой, светло-голубой или розовой окраски. Масса 1000 штук 240-450 г. Семена содержат до 15% жира и до 50% белка. Урожайность зеленой массы — 20-30 т/га, семян — до 3-5 т/га. Прекрасно заменяет сою, так как содержание ингибиторов трипсина в люпине ниже, но использование его на корм долгое время оставалось проблематичным из-за содержащихся в семенах и надземной массе 1-2 % горьких и ядовитых алкалоидов.

Люпин желтый (*Lupinus luteus*) - однолетнее травянистое растение, возделывают в центральных регионах России. Этот вид теплолюбив, максимальная холодоустойчивость до -2...-5 °С. К песчаным почвам приспособлен лучше, но хуже переносит кислые почвы. Стебель желтого люпина прямостоячий высотой от 1 до 1.5 метра. Соцветие представлено верхушечной колосовидной кистью с 6-10 мутовками ароматных цветков (по 5 цветков на каждой мутовке), расположенными на коротких опушенных цветоножках. Плоды - плоские бобы, густо опушенные, длиной 4-5 см и шириной 1.1-1.3 см, при созревании приобретают желто-коричневый или в сырую погоду темно-коричневый цвет, содержат от 3 до 5 семян. Семена имеют почковидную форму, светло-кремовый цвет, иногда с розовато-коричневыми пятнами или черными крапинками, реже окрашены в черный цвет. Вес 100 семян составляет от 120 до 140 граммов. Этот вид люпина используется как в свежем виде, так и для производства силоса. В зеленой массе люпина, собранного на стадии полного цветения, содержится 2,66% протеина, в сене - 16,52%, а в силосе - 2,9%. Семена содержат до 50% белка и от 5 до 20% масла.

В настоящее время люпин преимущественно используется для кормления животных и как сидерат. Минсельхоз России не ведет учет посевных площадей люпина из-за наличия в нем алкалоидов. Алкалоиды в люпине нужны для защиты растений от животных. На последних симпозиумах Международной ассоциации по изучению люпина уделяется значительное внимание вопросу использования белка этого растения в пищевой промышленности. Во многих странах, таких как Португалия, Чили, Перу, США и Австралия, активно разрабатываются технологии, направленные на введение белка люпина в производство пищевых продуктов, таких как макароны, хлебобулочные изделия, колбасные изделия и консервы.

В Германии была разработана технология рафинирования семян алкалоидного люпина с целью получения чистого белка, масла, волокна и алкалоидов. Экстракты из семян люпина представляют значительный потенциал для использования в фармацевтической промышленности для производства препаратов, снижающих артериальное давление,

регулирующих биоэлектрическую активность сердца, двигательную и психическую активность без проявления наркотических эффектов. Алкалоид спартеин имеет благотворное действие в качестве антиаритмического средства. Исследуются препараты на основе алкалоидов для использования их как натуральных инсектицидов и регуляторов роста. Однако известно, что спартеин воздействует на вегетативную нервную систему с негативными последствиями. Он блокирует передачу нервных импульсов в вегетативных ганглиях и вызывает антиму斯卡риновые эффекты, прерывая взаимодействие ацетилхолина с мускариновыми рецепторами. Это вещество также подавляет центральную нервную систему, обладает мочегонным и местным анестезирующим действием. Спартеин долгое время использовался как антиаритмическое средство, однако в настоящее время его применение ограничено из-за нежелательных побочных эффектов, таких как тахикардия, слабость, утомляемость, нарушения зрения, координации, тошнота и рвота. У некоторых пациентов, принимавших препараты на основе спартеина, также наблюдались интоксикационные симптомы, такие как снижение сократимости сердечной мышцы и непровольные сокращения матки. Эти явления указывают на то, что главная цель спартеина - воздействие на центральную и периферическую нервные системы. В периферической нервной системе он подавляет передачу ганглиозных сигналов, а в больших дозах снижает кровоток в сонной артерии и коронарном кровотоке, а также силу сокращения сердца. Однако существуют новые сорта желтого люпина, характеризующиеся низким содержанием алкалоидов, известные как "сладкий люпин".

В ряде европейских стран получают распространение продукты переработки люпина, такие как мука, концентраты и др., которые могут использоваться в пищевой промышленности. Несмотря на то, что ученые из России и зарубежных стран проявляют интерес к люпину как к пищевой культуре, в нашей стране использование люпина как пищевой культуры не имеет такого распространения в сравнении с европейскими странами и в производстве по-прежнему отдают предпочтение сое.

По данным исследований, проводимых в ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» и Калужском филиале РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, люпин положительно отзывается на внесение различных стимуляторов роста. Полевой опыт, проводимый ВНИИ люпина в 2019 – 2020 годах на различных сортах люпина белого, показал, что стимуляторы роста Циркон, Витазим, Фитактив Вита, Зеребра Агро положительно влияют на рост и развитие листовой поверхности, функциональную активность фотосинтетического аппарата растений сортов люпина белого Пилигрим и Альый парус, а также способствуют более высокому уровню обеспеченности растений ассимилятами, что создает предпосылки для формирования повышенной урожайности культуры. У сорта Пилигрим наибольшая прибавка отмечалась в варианте с использованием Циркона – 8,8 % по отношению к контролю-фону, несколько ниже при применении Витазима и Фитактива Вита – 7,3 и 7,6 %. Максимальное повышение урожайности семян у сорта Альый парус обеспечивали препараты Витазим и Циркон соответственно на 19,1 и 17,2 % относительно контроля – фона. Исследование РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, проводимое в лабораторных условиях на семенах люпина узколистного сорта Ладный, показало, что применение стимуляторов роста фирмы Нэст-М (Циркон и Эпин Экстра) позволяет в значительной мере повысить лабораторную всхожесть семян. Опыт проводился согласно методике по определению лабораторной всхожести семян сельскохозяйственных культур ГОСТ 30556-98. В ходе опыта было выявлено превышение всхожести образцов 2 и 3 по сравнению с контрольным в 2,1 раза, при этом оба изучаемых варианта не дали существенной разницы во всхожести между собой. Кроме того, летом 2021 года, в полевом опыте этого же института, проанализировали влияние микроудобрений на формирование симбиотического аппарата люпина узколистного сорта Ладный. Опыт проводился в неблагоприятные погодные условия (в мае и июне превышение нормы осадков в 2,2 раза и 1,13 раз соответственно, последующие два летних месяца, в следствии повышенной температуры воздуха, не обеспечили растения достаточным количеством влаги - 62% осадков в июле и 40% осадков в августе ниже климатической нормы). По результатам анализа урожайности можно сделать вывод, что варианты с применением удобрений сформировали

большой урожай, величина прибавки составила 0.5 ц/га у БорСтарт, 0.8 ц/га, у варианта с удобрением МикроСтим, наибольшая прибавка отмечалась в варианте с удобрением Новалон, 1.6 ц/га. Таким образом, можно отметить положительное влияние удобрений и стимуляторов роста на развитие, прорастание и формирование симбиотического аппарата у сортов люпина.

Однако, есть ряд причин препятствующих его распространению. Одна из самых серьезных проблем, это поражение люпина болезнями, в частности антракнозом, на данный момент в реестре нет сортов которые были бы устойчивы к данной болезни, поэтому предпосевная обработка семян фунгицидами является обязательным элементом при возделывании люпина узколистного. Также одной из причин малого распространения является отсутствие промышленного семеноводства.

Люпин представляет собой перспективную культуру. Он прекрасно конкурирует с соей по питательности и превосходит ее по усвояемости. Интерес аграриев к снижению содержания алкалоидов в морозоустойчивых сортах люпина говорит об актуальности этой культуры и значимости ее для сельского хозяйства. Упомянутая морозоустойчивость варьируется в зависимости от вида, так люпин белый наиболее теплолюбив и засухоустойчив, а люпин многолетний наиболее холодоустойчив и служит сидератом перед посевом озимых культур. Кроме того, по результатам полевых и лабораторных исследований, люпин положительно отзывается на внесение удобрений и стимуляторов роста. Все вышесказанное свидетельствует о необходимости проведения исследований и опытов над этой культурой для увеличения урожайности и повышения кормовой ценности.

1. Никитин, С. А. Люпин, альтернативная кормовая культура / С. А. Никитин, М. И. Савин, В. В. Золотарев // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой дню основания Российского государственного аграрного университета - Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева, Калуга, 05–15 декабря 2022 года / Калужский филиал РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Том 1. – Калуга: ИП Якунина В.А., 2023. – С. 130-133. – EDN JVEAGO.
2. Савин, М. И. Семенная продуктивность люпина узколистного сорта Ладный в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв Калужской области / М. И. Савин // Инновационный подход к развитию аграрной науки. Том Часть 1. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2023. – С. 154-158. – EDN ZMCQAL.
3. Савин, М. И. Влияние инокулянта Ризоверм на симбиотический аппарат бобовых в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв Калужской области / М. И. Савин, В. В. Золотарев // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 100-4. – С. 145-147. – DOI 10.18411/trnio-08-2023-201. – EDN EVKRLB.
4. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. – М.: Агропромиздат, 1991 – 300с.
5. Влияние стимуляторов роста циркон и эпин экстра на лабораторную всхожесть семян люпина узколистного сорта ладный- Савин М.И., Золотарев В.В.
6. Формирование симбиотического аппарата люпина узколистного сорта Ладный в зависимости от применяемых минеральных микроудобрений в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв Калужской области – Калабашкина Е.В., Савин М. И.
7. Исаева, Е. И. Поле люпина - способ биологизации севооборота и основа плодородия / Е. И. Исаева, Г. Л. Яговенко // Аграрный вестник Урала. – 2024. – Т. 24, № 2. – С. 163-171. – DOI 10.32417/1997-4868-2024-24-02-163-171. – EDN DTHVIX.
8. Руцкая, В. И. Опыт использования люпина и продуктов его переработки в пищевой промышленности (Обзор) / В. И. Руцкая, Н. В. Гапонов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 1(37). – С. 83-89. – DOI 10.24412/2309-348X-2021-1-83-89. – EDN HEZCXU
9. Вардамацкая, К. В. Ресурсосбережения в сельском хозяйстве за счет совершенствования техники (на примере разработок компании John Deere) / К. В. Вардамацкая // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 104-15. – С. 180-183. – DOI 10.18411/trnio-12-2023-861. – EDN SCDUGD.
10. Маилян, А. А. Продуктивность сои сорта Георгия в зависимости от применения фунгицида Фундазол, СП / А. А. Маилян, Е. В. Демьяненко // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 110-летию со дня рождения Ивана Сергеевича Кауричева : Материалы конференции, Калуга, 14 декабря 2023 года. – Калуга: ИП Якунина В.А., 2024. – С. 162-164. – EDN MKOSKV.

Димитриенко О.В.

Перспективы развития сельского хозяйства в Краснодарском крае

ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
(Россия, Краснодар)

doi: 10.18411/trnio-08-2024-287

Аннотация

В данной статье обзорно рассматривается тема развития сельскохозяйственного сектора Краснодарского края, описаны перспективные направления развития отрасли АПК. Кубань – наиболее ведущий регион Российской Федерации по развитию агропромышленного комплекса. Лидирующему положению региона в отрасли способствуют многие факторы: уникальное географическое положение, наличие плодородных земель и рекреационных ресурсов, высокая плотность населения.

Ключевые слова: агропродовольственный комплекс, Краснодарский край, развитие, перерабатывающая промышленность, продукция, сельское хозяйство.

Abstract

This article provides an overview of the topic of development of the agricultural sector of the Krasnodar Territory and describes promising directions for the development of the agro-industrial complex. Kuban is the most leading region of the Russian Federation in the development of the agro-industrial complex. Many factors contribute to the region's leading position in the industry: unique geographical location, the presence of fertile lands and recreational resources, high population density.

Keywords: agro-food complex, Krasnodar region, development, processing industry, products, agriculture.

Краснодарский край славится своими обширными запасами плодородных земель. Среди причин активного роста сельского хозяйства региона – благоприятные почвенно-климатические условия. С таким высоким потенциалом край остается одним из основных производителей сельскохозяйственной продукции в стране [4]. На обширных полях созданы идеальные условия для успешного ведения сельского хозяйства. Здесь выращивают множество культур: от пшеницы и кукурузы до чая и экзотических фруктов. Юг России славится высокими урожаями, которые обеспечивают не только местное потребление, но и экспорт в другие регионы и страны.

Ключевую роль в развитии отрасли играет современная сельскохозяйственная инфраструктура: здесь функционируют фермерские хозяйства, склады, хранилища, перерабатывающие предприятия, а также разветвленные подъездные пути и системы доставки.

Производители Краснодарского края экспортируют свою продукцию в ряд стран, включая Турцию, Иран, Китай, Израиль, Египет, Ливию, Абхазию и другие государства СНГ. Основными товарами на внешнем рынке являются зерно, растительное масло, мукомольно-крупяная продукция, а также овощи и фрукты.

За последние годы агропромышленный комплекс региона демонстрирует стремительное развитие, что выражается в увеличении производственных объемов, росте капиталоемкости, снижении удельных затрат, а также повышении продуктивности, прибыльности и рентабельности сельскохозяйственного производства [1].

Можно выделить следующие приоритетные направления развития производства продукции аграрно-промышленного комплекса:

Перерабатывающая промышленность Кубани показывает заметный рост. В Краснодарском крае действуют 15 крупных и средних заводов и свыше 20 малых предприятий. В настоящее время комбинаты занимаются консервированием овощей и производством маринадов, используя местные продукты для плодоовощных консервов. Спрос на эти продукты

растет не только в России, но и за границей. Консервы экспортируются в страны ближнего зарубежья, включая Абхазию, Армению, Азербайджан, Казахстан и Китай [1].

Развитие агропромышленного комплекса региона во многом связано с крепкой научной базой. Краснодарская область славится лучшими семенами пшеницы, которые выращивают не только в России, но и в Узбекистане, Турции, Иране и других странах. Сорты, выведенные кубанскими селекционерами, составляют 10% мирового урожая зерна и обеспечивают высокие результаты.

Краснодарский край – ключевой производитель риса, он занимает 80% российского производства – в крае самые крупные посевные площади этой культуры, развита семеноводческая база. Рис стал общенациональным брендом, и его возделыванием занимаются около ста хозяйств. Наибольшие площади – в Красноармейском, Славянском, Калининском районах Кубани.

Кроме того, в крае единственно в России выращивается чай, и планируется расширение плантаций в Сочи. Восстановление этой отрасли на сегодня одна из приоритетных задач в сельском хозяйстве нашего региона. С каждым годом спрос на местный чай растет. Планируется, что плантации этой культуры в Сочи должны увеличиться в три раза. Кроме того, большим потенциалом обладают разработка морозостойких сортов чая и развитие субтропического земледелия в Сочи [1]. Кубанские ученые уже сформировали комплексный план по созданию и сохранению коллекции чая. Основная задача специалистов – расширение территории чайных плантаций в более северные районы. Для этого есть все условия и предпосылки, ведь спрос на продукцию местных чаеводов с каждым годом только растет.

Кубань занимает ведущие позиции в России по производству вина и шампанского, с постоянно увеличивающимися площадями виноградников и активной реновацией многолетних культур. Приятный климат и разнообразие терруаров позволяют производить вина мирового уровня, которые получают признание на международных конкурсах. Местные производители искренне заботятся о качестве своей продукции, что делает их вина уникальными.

Это также касается садоводческих предприятий, имеющих доступ к достаточному количеству отечественного посадочного материала. В регионе функционируют 30 питомников, которые развивают сертифицированные семена плодовых, ягодных и семечковых культур для промышленного сада. Питомниководство активно развивается, и объемы производства сертифицированных саженцев могут полностью удовлетворить потребности как крупных, так и малых хозяйств. В ответ на увеличение объемов фруктов в крае создаются новые фруктохранилища с возможностью контроля качества воздуха [6].

Наиболее распространенная ягодная культура в Краснодарском крае – земляника (клубника) [2]. Кубанским производителям ягод сегодня доступно несколько видов государственной поддержки, и их количество с каждым годом растет. Фермеры могут получить субсидии на закладку ягодников и уход за ними и гранты. Благодаря сему происходит благоприятное развитие отрасли, и местные ягоды с легкостью вытесняют с рынка резиновую зарубежную клубнику.

Оснащение сельхозтехникой является важным аспектом отрасли. Производители ежегодно обновляют машины и оборудование, обеспечивая высокую технологичность для полевых работ [5]. Обновление парка техники осуществляется за счет собственных средств, льготного кредитования и государственной поддержки. Благодаря этому предприятия имеют возможность выполнять все технологические операции по возделыванию сельскохозяйственных культур в оптимальные агротехнические сроки [3].

Одним из ключевых направлений является внедрение инновационных методов ведения сельского хозяйства, таких как точное земледелие, капельное орошение и использование биопрепаратов. Эти технологии позволяют эффективно управлять ресурсами и уменьшать экологическую нагрузку.

Таким образом, успешное развитие сельского хозяйства обусловлено инвестициями, а также реализацией программ, поддерживающих агропромышленный комплекс: государственная поддержка и программа субсидирования помогают фермерским хозяйствам

повышать свою конкурентоспособность, что в свою очередь влияет на устойчивое развитие сельского хозяйства и благосостояние населения края. Выгодное местоположение и природные условия региона создают прочную основу для успешного производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Краснодарский край остается ключевым аграрным регионом страны.

1. Гармашова Е.П., Кутовой В.С. Анализ тенденций развития сельскохозяйственной отрасли Краснодарского края // Экономика, предпринимательство и право. – 2023. – Том 13. – № 8. – С. 2963-2974.
2. Горбунов И.В., Димитриенко О.В., Колесниченко Т.В. Агробиологическая оценка сортифта земляники садовой // Тенденции развития науки и образования. - 2023. - №93-8. - С. 133-135.
3. Колесниченко Т.В., Жилинская К.В., Димитриенко О.В. Преимущество лизинга над кредитом в агропромышленном комплексе // Актуальные вопросы современной экономики. - 2021. - №12. - С. 74-78.
4. Курносов В.С. Инвестиции как фактор развития отрасли животноводства сельскохозяйственных организаций / В.С. Курносов // Вестник Академии знаний. 2018. № 3 (26). С. 332-337.
5. Тюпаков К.Э. Особенности эффективного формирования и воспроизводства технико-технологической базы растениеводства: монография/ Краснодар, 2016.
6. Экономическая эффективность технико-технологической модернизации производства продукции растениеводства сельскохозяйственных организаций: монография / А.И.Трубилин [и др.]– Краснодар : КубГАУ, 2017.–302 с.

Колесниченко Т.В.

Влияние импортозамещения на развитие сельского хозяйства в Краснодарском крае

*ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-288

Аннотация

В данной статье говорится о современной проблеме сельского хозяйства, такой как импортозамещение иностранных семян. Описаны преимущества и недостатки использования иностранного посевного материала. А также говорится о необходимости развития отечественного семеноводства, и создания собственных перспективных, сортов и гибридов для увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции в стране.

Ключевые слова: растениеводство, урожай, семена, импорт, сельское хозяйство, семеноводство, экономика.

Abstract

This article talks about a modern problem in agriculture, such as import substitution of foreign seeds. The advantages and disadvantages of using foreign seed material are described. They also talk about the need to develop domestic seed production and create their own promising varieties and hybrids to increase the volume of agricultural production in the country.

Keywords: plant growing, harvest, seeds, import, agriculture, seed production, economics.

Агропромышленный комплекс играет фундаментальную роль в экономическом и социальном благополучии любой страны, независимо от ее уровня развития и географического положения. Сельское хозяйство гарантирует продовольственную автономию, уменьшая зависимость от внешних поставок. Его уровень развития напрямую влияет на продовольственную безопасность и экономическую устойчивость населения.

На сегодняшний день Краснодарский край является одним из ключевых регионов России в области производства и переработки сельскохозяйственных товаров, а также в снабжении продовольствием промышленных центров страны. Земельные угодья края составляют одну десятую часть всех сельхозугодий Южного федерального округа. Черноземные почвы, преобладающие на равнинах, занимают площадь 4 716 тыс. гектаров, что

составляет свыше 4 % российских и около 2 % мировых запасов. Эти почвы отличаются насыщенным темным цветом, рыхлой структурой и высоким содержанием питательных веществ, что способствует получению значительных урожаев сельскохозяйственных культур.

Природные условия Краснодарского края способствуют успешному культивированию множества сельскохозяйственных культур как умеренного, так и субтропического пояса. Регион последовательно занимает высокие позиции в России по урожайности таких культур, как зерно, сахарная свекла, подсолнечник, фрукты и виноград [3].

Тем не менее, Краснодарский край сильно зависит от импорта семян для большинства возделываемых культур, так как в стране недостаточно высокопродуктивных отечественных семян. В частности, 92% семян сахарной свеклы, 70% — подсолнечника и 90% — овощей поступают из-за границы.

Импортозамещение представляет собой экономический процесс, нацеленный на замену импортных товаров местными аналогами. Семеноводство — это важная отрасль аграрного сектора, занимающаяся подготовкой качественного сортового посевного материала, что необходимо для сортосмены и обновления [1].

Качество семян имеет решающее значение, влияя на объем и вкусовые характеристики урожая. Производство высококачественных семян способствует успешному развитию сельского хозяйства даже в сложных условиях, а их постоянное использование гарантирует стабильность и надежность сортов.

Агропромышленный комплекс России включает в себя различные отрасли, которые занимаются производством, переработкой и хранением сельхозпродукции, а также предоставляют средства для сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности. Центральным элементом АПК является сельское хозяйство, которое отличается значительными объемами производства. Площадь сельскохозяйственных угодий в стране составляет 219,6 млн гектаров. К основным культурам, возделываемым в России, относятся зерновые, сахарная свекла, подсолнечник, картофель и лен. Зерновые культуры, которые культивируются в стране, включают рожь, пшеницу, ячмень, овес, кукурузу, просо, гречиху и рис. Также к ним относятся зернобобовые культуры, такие как горох, фасоль, соя и чечевица.

Краснодарский край занимает одно из ведущих мест среди сельскохозяйственных регионов России, которые имеют все шансы для реализации программы импортозамещения. По данным министерства сельского хозяйства края и экспертов по аграрной отрасли, агропромышленный комплекс региона обладает значительным потенциалом для роста. Освободившиеся рыночные ниши для некоторых продовольственных товаров способны мотивировать местных фермеров и производителей пищи на активное расширение своего влияния и укрепление позиций на внутреннем рынке [2].

Развитие российского семеноводства является основополагающим для обеспечения продовольственной безопасности страны, так как будущие урожаи зависят от состояния рынка семян. Кубань, с учетом своего аграрного характера, представляет собой отличную платформу для возрождения отечественной селекции, поскольку регион заинтересован в создании собственного семенного фонда и минимизации зависимости от иностранных поставок. За последний десяток лет в производстве сельскохозяйственной продукции достигнуты заметные успехи, но довольно большая часть земель по-прежнему засеивается семенами, привезёнными из-за границы.

Импортозамещение имеет свои преимущества и недостатки, среди которых можно выделить:

1. Создание новых заводов — это повлечет за собой значительные расходы на поддержку новых секторов.
2. Прогресс в области технологий — приведет к снижению конкурентоспособности.
3. Увеличение числа рабочих мест — при этом может негативно сказаться на качестве товаров.

4. Возможность роста экспорта отечественной продукции — однако, это может вызывать повышенные цены на товары.

Эта тема остается актуальной, так как с новыми санкциями Запада среди российских фермеров наблюдается растущее беспокойство. Сегодня они используют в основном семена иностранного производства, которые либо импортируются, либо реализуются через локализованные компании. Доля импортных семян продолжает увеличиваться: зависимость по сахарной свекле составляет 98%, по картофелю — 88%, по подсолнечнику — 73%, по кукурузе — 58%, а по рапсу и гороху — 53%. Исключение составляет лишь пшеница, где доля отечественных семян достигает 97% [4].

Ситуация пока не критична благодаря запасам семян, закупленным аграриями, но к осени возникнут новые сложности. Краснодарский край же сохраняет лидерство в производстве семян благодаря множеству научных учреждений и институтов, поддерживающих местных фермеров.

Специалисты подчеркивают, что по своему генетическому потенциалу отечественные сорта и гибриды не только находятся на уровне мировых аналогов, но и во многих аспектах превосходят западные варианты. Сорта и гибриды, разработанные в Краснодарском крае, обладают высокой адаптивностью к условиям южного производства России, что позволяет им эффективно противостоять неблагоприятным погодным явлениям, включая засухи. Это дает производителям уверенность в получении стабильного и высокого урожая [5].

Увеличение объемов производства сельскохозяйственной продукции в стране может не только избавить население от необходимости употреблять некачественные и потенциально опасные для здоровья импортные товары, но также способствовать росту российской экспортной активности. Для достижения этой цели необходимо продолжать расширять государственную поддержку аграрного сектора, а также повысить её системность и эффективность.

1. Чурикова С.Ю. Формализация экономических связей системы управления сельскохозяйственной деятельностью // Образование. Наука. Инновации: Южное измерение, 2008. — № 3-4 (5-6). — с. 69-74
2. Глухих, М. А. Технология хранения и переработки зерна и семян / М. А. Глухих. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 116 с.
3. Нагалецкий Э. Ю. Региональная мелиоративная география. Краснодарский край / Э. Ю. Нагалецкий, Ю. Я. Нагалецкий, И. Н. Папенко // Краснодар: КубГАУ. — 2013.
4. Вавилов, П.П. Растениеводство / Вавилов, П.П. и. - М.: Колос; Издание 2-е, перераб. и доп., 2019. - 432 с.
5. Орлова Н.В. и др. Инновационное развитие агропромышленного комплекса в России // Докл. к XXI Агр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2020. 128 с.

Кружков А.В., Козаева М.И.

Оценка биологической адаптивности различных форм и сортов косточковых культур на основе показателей эндофитной, эпифитной, воздушной микробиоты

*Федеральный научный центр им.И.В.Мичурина
(Россия, Мичуринск)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-289

Аннотация

Изучена динамика эндофитной, эпифитной, воздушной микробиоты у различных форм и сортов косточковых растений в условиях абиотических и биотических стрессов для диагностики адаптационной способности растений. Установлено, что у более адаптированных к условиям среды растений в составе как эндофитной, так и эпифитной и воздушной микробиоты наблюдается большее количество положительных тестов на бактерию, меньшее — на грибы и смешанную микробиоту. Оценка токсического действия бактерии на фитопатогенные грибы показала, что более высокой токсической активностью обладали бактериальные штаммы,

выделенные при тестировании наиболее адаптивных форм. На основе тестирования микробиоты, отражающей состояние растений, выделены формы, имеющие наиболее высокий уровень адаптации.

Ключевые слова: косточковые культуры, эндофитная, эпифитная, воздушная микробиота, адаптационная способность

Abstract

The dynamics of endophytic, epiphytic, and aerial microbiota in various forms and varieties of stone plants under abiotic and biotic stresses is studied to diagnose the adaptive capacity of plants. It was found that more adapted to environmental conditions plants in the composition of both endophytic, epiphytic and air microbiota have a higher number of positive tests for bacteria, and a smaller number for fungi and mixed microbiota. Assessment of the toxic effect of the bacterium on phytopathogenic fungi showed that bacterial strains isolated during testing of the most adaptive forms had a higher toxic activity. Based on testing of the microbiota reflecting the state of plants, the forms with the highest level of adaptation are identified.

Keywords: stone cultures, endophytic, epiphytic, air microbiota, adaptive capacity.

Косточковые культуры обладают многими ценными свойствами, что обеспечило им большую популярность и широкое распространение в России [6,с.46]. Они характеризуются скороплодностью, урожайностью, высокими вкусовыми качествами и ценным биохимическим составом плодов [2,с.83]. Однако, несмотря на свои достоинства, эти культуры занимают сравнительно небольшие площади в производственных насаждениях средней полосы России. Во многом это связано с недостаточной их устойчивостью к влиянию неблагоприятных факторов окружающей среды, что является главной причиной снижения урожайности косточковых насаждений [3,с.398; 6,с.46].

Неблагоприятные абиотические и биотические факторы оказывают значительное влияние на адаптационные способности растений [11,с.12]. В холодные годы с обильными осадками и недостатком физиологически активной радиации не только снижается урожай и ухудшается его качество, но и затягивается период вегетации. Растения не успевают накопить достаточное количество ассимилятов, завершить цикл роста и развития и подготовиться к перезимовке. После неблагоприятного лета плодовые растения могут получить серьезные повреждения от мороза даже в не слишком суровые зимы, а в суровые-сады вымерзают на больших площадях [12,с.309]. Наряду с сильными морозами в период покоя значительную опасность для плодовых насаждений представляют также заморозки в начале вегетации [20,с.41]. Даже в случае хорошей закладки цветочных почек, мягкой зимовки, неблагоприятные условия в период цветения могут оставить культуру без урожая или привести к получению некондиционного урожая [14, с.161].

В этой связи особую актуальность приобретает селекционное улучшение сортимента путем создания и использования новых сортов с улучшенным биохимическим составом плодов, сочетающих комплекс хозяйственно ценных признаков с высоким адаптивным потенциалом к абиотическим и биотическим стрессорам среды, а также выделение источников высокой продуктивности, устойчивости к абиотическим и биотическим факторам среды, хорошего качества плодов [7,с.15;5,с.148]. Поскольку в существующих условиях особую ценность приобретают формы со стабильной адаптацией [9, с.11], целью наших исследований явилось выделение и отбор форм и сортов косточковых культур, обладающих наиболее высоким потенциалом адаптации, на основе тестирования внутренней (эндофитной), эпифитной и воздушной микробиоты, являющейся своеобразным индикатором жизнеспособности растений.

Тестирование различных форм и сортов косточковых культур на наличие эндофитной микробиоты проводилось по общепринятой методике с использованием побегов путем посева дважды простерилизованных эксплантов (спирт, фламмирование) на картофельную питательную среду [15]. Идентификация выделенных патогенов проводилась на основании

микроскопического анализа их структурно-морфологических признаков и использования соответствующих определителей [4;16].

Выделение микроорганизмов из воздушной микробиоты насаждений косточковых культур осуществляли путем улавливания спор грибов и бактерий на поверхность питательной среды в чашках Петри. Эпифитную микробиоту смывали с побегов растений стерильной водой. Смывы рассеивали на питательную среду в чашки Петри [19].

Изучение токсического действия бактерии *Ps. syringae* на фитопатогенные грибы проводили методом «двойных культур» (то есть совместного культивирования грибов и бактерий) по образованию зоны подавления грибной микробиоты под влиянием бактерии в чашках Петри [15].

Фунгицидные и фунгистатические свойства токсинов различных по происхождению бактериальных штаммов изучали также путем посева гриба-тестера. В качестве гриба-тестера использовалась культура гриба *Penicillium* spp. Через месяц проводили оценку роста грибных колоний и рассчитывали степень токсичности бактерии (At) по формуле $At=100-P_0/P_k \times 100\%$, где At -степень токсичности (в %), P_0 -рост гриба-тестера на токсине (в баллах), P_k -рост гриба-тестера в контроле (в баллах) [15].

Изучение эндофитной инфекции у семян косточковых культур проводилось путем их стерилизации и посева на стерильные питательные среды в пробирки в 10-кратной повторности [15].

Изучение эндофитной микробиоты однолетних побегов различных форм и сортов косточковых культур путем их стерилизации и посева на стерильные питательные среды показало, что у форм, характеризующихся более высоким уровнем биологической адаптивности, наблюдалось доминирование бактерии над грибами, которые были представлены единичными колониями *Penicillium* spp., *Alternaria* spp. и *Fusarium* spp., что свидетельствует об их высокой устойчивости к неблагоприятным условиям среды.

Наиболее высокая активность бактерии отмечена у форм и сортов вишни Уральская (91,4%), Уральская рубиновая (90,6%), Рубиновая (83,4%), Октава (85,6%), Муза (84,7%), Прима (80,6%), Новоселка (85,7%), Падоцерус Д (87,8%), Церападус №1 (88,6%), А-135 (81,2%).

Среди изученных форм и сортов алычи наибольшее количество положительных тестов на бактерию наблюдалось у сортов Ранняя розовая (91,4%), Карминная Жукова (82,3%), Иволга (83,7%), Кубанская комета (80,8%).

Исследования также показали, что сорта и формы косточковых растений эндофитно поражены смешанной микробиотой. Образование микробных ассоциаций, в которых основная роль принадлежит прокариотам, в том числе бактерии, является адаптацией микробиоты к растению-хозяину в экстремальной среде обитания [10,с.125]. Следует также отметить, что в силу антагонистических взаимодействий токсины смешанной микробиоты являются более мощными и усугубляют стрессорное состояние растений [17,с.212].

Частота тестирования смешанной микробиоты была невысокой у форм, являющихся более адаптированными к неблагоприятным условиям среды. Низкие показатели смешанной микробиоты (от 6,3% до 11,2%) наблюдались у сортов и форм вишни Уральская, Уральская рубиновая, Октава, Муза, Прима, Рубиновая, Церападус №1, Падоцерус Д, А-135. Наименьший биотический стресс среди форм и сортов алычи испытывали сорта Иволга (6,3%), Ранняя розовая (6,2%), Кубанская комета (10,1%).

Важным показателем биологического состояния растения является также процент отрицательного теста. Известно, что растения реагируют на воздействие абиотических стрессоров и биопатогенов генерацией активных форм кислорода (АФК) [1,с.11]. Избыточное образование АФК вызывает окислительные повреждения практически всех компонентов клетки и может впоследствии вызвать гибель растений [13, с.228;18,с.328]. Однако избыточное накопление растениями фенолов, перенасыщение цитоплазмы окисленными формами фенольных соединений и другие расстройства, возникающие под влиянием экстремальных условий среды и приводящие к некрозности, оказываются в свою очередь,

стрессиндуцирующими факторами для возбудителей болезней, в результате чего происходит и их ослабление. Поскольку отрицательный тест на эндофитную микробиоту достаточно ярко отражает состояние паранекроза, близкое к некрозу, у растений, с его помощью можно определять запасы адаптации плодовых культур [8, с.153,164]. Этот тест находится в обратной связи с положительным тестом на микробиоту, в связи с чем наименьшее значение отрицательных тестов соответствует более высокой степени адаптации [17, с.211].

Наименьшим количеством отрицательных тестов, а, следовательно, наиболее высоким уровнем адаптационной способности характеризовались сорта и формы: вишни-Уральская (0,0%), Уральская рубиновая (0,0%), Октава (4,3%), Муза (8,2%), Прима (11,2%), Новоселка (7,1%), Церападус №1 (5,1%), А-135 (7,6%), Падоцерус Д (5,1%); алычи-Ранняя розовая (2,4%), Карминная Жукова (7,0%), Кубанская комета (9,1%), Иволга (10,0%).

При изучении эндофитной микробиоты семян различных форм и сортов косточковых культур установлено в них наличие бактерии, относящейся к сборному виду *Pseudomonas syringae* van Hall, а также наличие темнопигментных грибов, относящихся к родам *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp. При этом для семян более адаптивных форм был характерен высокий уровень развития бактерии, преобладающей над грибами в 2,5 раза.

Наиболее высокое присутствие бактерии наблюдалось во внутренних тканях сортов вишни Уральская (84,2%), Уральская рубиновая (81,6%), Октава (80,3%). За ними следуют сорта Муза (79,8%), Рубиновая (78,2%), Прима (77,2%), гибридная форма Церападус №1 (74,5%). У сорта Новоселка и форм Падоцерус Д, А-135 также отмечалась активная бактериальная колонизация зародыша и эндосперма семян (72,6%; 70,8% и 69,9%, соответственно).

Высокие бактериальные показатели имели также семена сортов алычи Кубанская комета (78,7%), Карминная Жукова (76,8%), Ранняя розовая (71,4%).

В результате многолетнего изучения эпифитной микробиоты различных форм и сортов вишни была установлена тесная зависимость между характером микробиоты и адаптивным состоянием растения. В вариантах опыта, связанных с тестами наиболее адаптированных форм и сортов, количество выделенных бактериальных колоний составило 97,5%, причем токсичность бактерии была настолько высокой, что сохранились лишь единичные колонии грибов в виде «призраков».

В воздушной микробиоте в 88,6% всех проб тестировались бактериальные штаммы с флюоресцирующим пигментом, относящиеся к роду *Pseudomonas*. В проведенных тестах наблюдались также темнопигментные грибы большей частью с ярко выраженной деградацией: лизис, израстание белым стерильным мицелием.

В составе воздушной микробиоты насаждений алычи частота выхода бактериальных колоний составила 58,8%. Грибы тестировались в 41,2% всех проб. Все они относились к группе темнопигментных (*Alternaria* spp., *Stemphylium* spp., *Cladosporium* spp.).

В ходе проведенных исследований было установлено наличие антагонистических свойств выделенных бактерий в отношении грибных патогенов, в том числе возбудителей фузариоза, пенициллезной гнили, кладоспориозной гнили.

Среди выделенных бактериальных штаммов зафиксированы бактерии с сильно выраженным фунгицидным и фунгистатическим действием, что продемонстрировал метод двойных культур.

Биотесты на двойной культуре показали, что наиболее активно рост грибных патогенов подавляют бактерии, выделенные из сортов и форм: вишни- Уральская, Уральская рубиновая, Октава, Муза, Падоцерус Д, Церападус №1 (зоны подавления-16,2 мм-24,0 мм), алычи-Карминная Жукова, Кубанская комета, Иволга (зоны ингибирования-14,2 мм-18,6 мм).

Изучение влияния эндотоксинов бактерий различного происхождения на рост гриба *Penicillium* spp. показало, что в большинстве вариантов токсины бактерий оказывали угнетающее действие на рост гриба в культуре. При этом наиболее высоким уровнем антагонистической активности обладали токсины бактерий, выделенных при тестировании более адаптированных сортов и форм: вишни- Уральская (At=67,8%), Уральская рубиновая

(At=65,6%), Октава (At=63,4%), Муза (At=61,8%), Падоцерус Д (At=60,6%), алычи-Иволга (At=62,4%), Кубанская комета (At=60,4%).

Таким образом, метод диагностики адаптивного состояния косточковых растений на основе показателей эндофитной, эпифитной, воздушной микробиоты позволяет определить уровень адаптационной способности у различных форм и сортов косточковых культур в условиях абиотического и биотического стрессов и выделить наиболее перспективные из них для дальнейшей селекции и производства.

1. Абилова Г.А. Реакция проростков огурца на солевой стресс в присутствии салициловой кислоты // Устойчивость организмов к неблагоприятным факторам внешней среды: материалы всеросс. науч. конф., 24-28 августа 2009.-Иркутск, 2009.-С.11-13.
2. Богданов Р.Е., Кружков Ал.В., Кружков Ан.В. Перспективные сорта косточковых культур для промышленного использования // Современная школа в инновационном процессе: проблемы и перспективы: сб. материалов, посвящ. 70-летию Мичуринского государственного педагогического института.- Мичуринск, 2009.-С.83-85.
3. Богданов Р.Е., Кружков А.В., Абызова А.А. Устойчивость сортов и форм косточковых культур к монилиозному ожогу // Плодоводство и ягодоводство России.-М., 2010.-Т. XXIV.-Ч.2.-С.398-402.
4. Билай В.И. Микроорганизмы возбудители болезней растений. -Киев, 1988.-549с.
5. Барсукова О.Н. Коллекция семечковых плодовых культур и ее использование с целью экологизации садоводства // Проблемы экологизации современного садоводства и пути их решения: материалы междунар. конф., 7-10 сентября 2004.-Краснодар, 2004.-С.148-154.
6. Гасымов Ф.М. Оценка морозоустойчивости селекции сортов абрикоса на Южном Урале в условиях зимы 2020-2021гг. // 90 лет на службе агропромышленного комплекса Урала: сб. тр. всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию со дня основания ЮНИИСК-филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, 25 марта 2021г.-Челябинск, 2021.-С.45-50.
7. Гусейнова Б.М., Абдулгамидов М.Д. Хозяйственно ценные показатели сортов черешни дагестанской селекции // Бюллетень ГНБС, 2023.-Вып.148.-С.15-21.
8. Ищенко Л.А. Иммуитет плодовых растений на рубеже веков // Труды Всероссийского научно-исследовательского института генетики и селекции плодовых растений имени И.В.Мичурина-Воронеж: Кварта, 2005.-С.148-164.
9. Ищенко Л.А., Чеснокова И.Н. Выявление доноров устойчивости облепихи к усыханию на основе модели анализа признака по потомству // Бюллетень ЦГЛ им.И.В.Мичурина.-Мичуринск, 1992.-Вып.51.-С.10-11.
10. Ищенко Л.А., Чеснокова И.Н., Козаева М.И., Агаркова Е.Е. Стратегия садоводства в условиях абиотических и биотических стрессов у плодовых растений // Проблемы экологизации современного садоводства и пути их решения: материалы междунар. конф., 7-10 сентября 2004.-Краснодар, 2004.-С.148-154.
11. Кружков Ан.В. Биологические особенности и хозяйственная ценность сортов абрикоса и алычи в условиях средней полосы России: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук.- Мичуринск, 2006.-23с.
12. Кашин В.И. Научные основы адаптивного садоводства.-М., 1995.-335С.
13. Колеснева Е.В., Дубовская Л.В., Волотовский И.Д. Роль монооксида азота в защитных реакциях растений табака при окислительном стрессе // Устойчивость организмов к неблагоприятным факторам внешней среды: материалы всеросс. науч. конф., 24-28 августа 2009.-Иркутск, 2009.-С.228-230.
14. Лезин М.С., Лезина В.А. Влияние возвратных заморозков в весенний период на плодоношение косточковых культур // Бюллетень ГНБС.-2023.-№148.-С.161-166.
15. Методы экспериментальной микологии.-Киев: Наукова думка, 1982.-550 с.
16. Методы определения болезней и вредителей сельскохозяйственных растений.-Москва: Агропромиздат, 1987.-224 с.
17. Маслова М.В. Роль показателей эндофитной микробиоты в оценке адаптационной способности различных форм и сортов косточковых растений // Проблемы экологизации современного садоводства и пути их решения: материалы междунар. конф., 7-10 сентября 2004.-Краснодар, 2004.-С.209-214.
18. Огородникова А.Л., Мухитова Ф.К., Мухтарова Л.Ш., Гнездилов О.И., Гречкин А.Н. Биосинтез дивиниловых эфиров, продуктов перекисного окисления липидов в нефотонсинтезирующих тканях растений // Устойчивость организмов к неблагоприятным факторам внешней среды: материалы всеросс. науч. конф., 24-28 августа 2009.-Иркутск, 2009.-С.328-330.
19. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии.-М., 1988.-239с.
20. Юшков А.Н. Селекция плодовых растений на устойчивость к абиотическим стрессорам.-Мичуринск-научоград РФ, 2019.-332с.

Серегин М.В.

Сравнение агротехнологических операций по заготовке сенажа

Пермский аграрно-технологический университет им. Д.Н. Прянишникова
(Россия, Пермь)

doi: 10.18411/trnio-08-2024-290

Аннотация

Проведено сравнение агротехнологических операций в заготовке сенажа из многолетних трав. Были проанализированы две технологии заготовки сенажа в траншее и сенажа упакованного в пленку. Выявлены особенности проведения технологических операций при заготовке трав на сенаж.

Ключевые слова: сенаж в траншее, сенаж в пленке, многолетние травы, агротехнологические операции, поле.

Abstract

A comparison of agrotechnological operations in harvesting haylage from perennial grasses has been carried out. Two technologies of harvesting haylage in a trench and haylage packed in a film were analyzed. The peculiarities of carrying out technological operations when harvesting herbs for haylage are revealed.

Keywords: haylage in a trench, haylage in a film, perennial grasses, agrotechnological operations, field.

Проведение сравнений технологий заготовки кормов, важный аспект реализации эффективности кормопроизводства в хозяйстве любой формы собственности. Одним из эффективных способов сохранения зеленой массы является сенажирование [2,3]. Данный способ приготовления корма позволяет сохранить корм с высоким содержанием сухого вещества и заготовить его в ранние фазы вегетации растений. По сравнению с силосом, данный способ несомненно имеет преимущества [1]. Однако существуют две технологии приготовления сенажа: сенаж в траншее и сенаж в пленке. Каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки, и часто поднимает многочисленные вопросы в их эффективной реализации [4]. Поэтому мы решили провести сравнение агротехнологических операций и постараться проанализировать их. Анализ операций был разделен на два этапа: операции в поле и операции в месте хранения корма.

Агротехнологические операции по приготовлению сенажа в поле. При оценке агротехнологических операций по сохранению зеленой массы методом сенажирования, главным аспектом является работа с влажностью зеленой массы. При заготовке обоих видов сенажа этому уделяется особое внимание. При приготовлении сенажа в траншею, это скашивание с плющением и подвяливание до влажности 65 % (таблица 1). Больше подвяливать нельзя, т.к. сенажная масса не будет трамбоваться в траншее. Учитывая это, мы понимаем, что масса будет большей степенью сохраняться по силосному типу, поэтому вносим консервант при подборе и измельчении зеленой массы. При приготовлении сенажа в пленку, зеленая масса трав при выполнении технологических операций в поле (скашивание, вспушивание, сгребание) достигает влажности 55-60 %, что позволяет законсервировать скошенную массу методом «физиологической сухости» растений и снизить затраты на её перевозку (таблица 2). При данном методе микробиологические процессы не приводят к порче корма, корм сохраняется и соответственно не требуется внесение консерванта. Также особенностью сенажа в пленке является непосредственное осуществление в поле операции по прессованию трав и соответственно созданию будущих анаэробных условий.

Таблица 1

Агротехнологические операции траншейного сенажа из многолетних бобово-злаковых трав в поле.

Наименование операции	Срок выполнения	Машины, орудия	Технологические параметры
Скашивание в валки с одновременным плющением	Проводится в фазу бутонизации	Rotex R6+ MT3-82	Высота среза 8-10 см, влажность 75-78%
Подбор с внесением консервантов	Подбор валков при достижении влажности 65%	Claas Jaguar 850 + ПСКТ-15;	Измельчением на отрезки 2-3 см; С внесением консерванта
Транспортировка измельченной массы в траншею	Проводится сразу после подбора сенажной массы	Транспортировка проводится грузовым автомобилем	Без потерь, сразу после подбора сенажной массы

Таблица 2

Агротехнологические операции сенажа в пленке из многолетних бобово-злаковых трав в поле.

Наименование операции	Сроки выполнения	Машины, орудия	Условия выполнения
Скашивание в валки с одновременным плющением	Проводится в фазу бутонизации	MT3-82 + Rotex R6	Высота среза 8-10 см; при хорошей выравненности поля 5-7 см; влажность – 55-60%
Ворошение скошенной массы	Через 4-6 часов после скашивания	MT3-80 + GTH 540H	Формируется рыхлый слой травы, продуваемый ветром; за 4-6 часов подвяливать массу до влажности 55-60%
Сгребание подвяленных трав	При подвяливании травяной массы	MT3-80 + RCS-8	Без потерь. Валок по форме прямоугольной формы.
Подбор сенажной массы с прессованием	Сразу после сгребания	MT3-80 + R12/155 Super	Подбор из валков травяной массы с влажностью 55-60%
Транспортировка рулонов к месту упаковки	Сразу после прессования.	T-150K + ППТС-9	Не позднее 1-2 часов после прессования

Далее в обеих технологиях идет быстрая транспортировка сенажной массы к местам хранения и герметизации. Данный технологический аспект важен, т.к. зеленая масса быстро греется и её необходимо загерметизировать.

Агротехнологические операции по приготовлению сенажа в местах хранения. При хранении сенажа в траншее требуется чистота места хранения, поэтому будущее хранилище корма тщательно вычищают от прошлогодних остатков и застилают пленками (таблица 3). В технологии сенажа в пленке это не нужно, достаточно иметь в хозяйстве ровную площадку. Далее происходит постепенное наполнение сенажной траншеи зеленой массой с последовательным её уплотнением. В этой технологической операции очень важно соблюдать трамбовку (для создания анаэробных условий), а также оперативный подвоз зеленой массы. Данный аспект влияет на скорость заполнения траншеи и степень её самосогревания, важно этого не допустить. После заполнения траншеи её тщательно герметизируют используя разные виды укрывных пленок.

Таблица 3

Агротехнологические операции сенажирования многолетних трав в траншее.

Наименование операции	Сроки выполнения	Машины, орудия	Условия выполнения
Подготовка траншеи перед закладкой	До завоза сенажной массы	Вручную	На дно траншеи выстилается пленка по всей площади
Распределение	Траншеей закладывают	Колесный	Толщина ежедневно укладываемого

<i>сенажной массы в траншее и трамбовка</i>	<i>не более 3-4 суток; равномерная трамбовка в дневное время</i>	<i>трактор Т-150 + трамбовщик ТСК-3</i>	<i>слоя в уплотненном виде должна быть не менее 80 см</i>
<i>Герметизация (укрытие пленкой)</i>	<i>Сразу после заполнения траншеи сенажной массы</i>	<i>Вручную</i>	<i>Укрывают синтетической (полиэтиленовой или хлорвиниловой) плёнкой; края плёнки у стен тщательно заделывают; Боковая пленка – 80 мм; подкладочная синяя пленка – 40 мм; основная пленка – 150 мм; поверх плёнки укладывают груз</i>

В отличие от многочисленных операций траншейного сенажа, сенаж в пленке в месте хранения обматывается специальной агротрейч-пленкой, тем самым надежно его герметизируя (таблица 4). Особенностью данной упаковки является использование специального скоростного линейного упаковщика, что приводит к быстрой обмотке рулонов сенажа и экономии пленки. Данный способ также интересен при заготовке небольших объемов трав, особенно в засушливый год, а также в ненастную погоду, когда технологические операции по траншейному сенажу вынуждены приостанавливаться.

Таблица 4

Агротехнологические операции сенажа в пленке из многолетних трав в местах хранения.

<i>Наименование операции</i>	<i>Сроки выполнения</i>	<i>Машины, орудия</i>	<i>Условия выполнения</i>
<i>Упаковка рулонов в агротрейч-пленку в линию</i>	<i>Не позднее 1-2 часов после прессования</i>	<i>Упаковщик рулонов SW-120</i>	<i>Специальная пленка для сенажа: белая 6 сл-0,5м × 1800м Толщина пленки 0,25 мкм</i>

Таким образом, сравнение двух технологий показывает, что сенаж в пленке является современной и эффективной технологией, обеспечивая быстрое приготовление корма. Несмотря на более высокие первоначальные затраты, этот метод обеспечивает экономию на транспортировке (за счет меньшей влажности) и улучшает качество корма. Сенаж в траншее, хотя и дешевле на начальных этапах, связан с большими рисками и потерями, но важен для хозяйств заготавливающих значительные объемы корма.

1. Абрамян, А.С. Качество силоса и сенажа в зависимости от уровня механических примесей в закладываемой массе / А.С. Абрамян, В.М. Дуборезов, А.В. Мишуров // Кормопроизводство. – № 6. – С. 35.
2. Клименко, В. П. Качественные объемистые корма - основа полноценных рационов для высокопродуктивного скота / В. П. Клименко // Адаптивное кормопроизводство. – 2019. – № 3. – С. 102-115.
3. Косолапов, В. М. Перспективные технологии приготовления качественных объемистых кормов из трав / В. М. Косолапов, В. А. Бондарев, В. П. Клименко // Аграрная наука. – 2010. – № 8. – С. 20-23.
4. Серегин, М.В. «Сенаж в упаковке» - качество основного корма [Электронный ресурс]: Сельскохозяйственные вести, 2015. № 3. Режим доступа agri-news.ru/zhurnal/2015/№3/2015/korma/senazh-v-u...osnovnogo-korma.html (дата обращения 26.07.2017).

РАЗДЕЛ XXV. НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Долгополова Е.Н.

Гидрологические процессы в устьевой области р. Юкон в условиях изменяющегося климата*Институт водных проблем Российской Академии Наук
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-291

Аннотация

Устьевая область Юкона – самая южная из всех, расположенных в зоне многолетнемерзлых пород (ММП), чувствительных к изменениям климата. По результатам исследований р. Юкон представлен обзор физико-географических характеристик устьевой области Юкона. Исследованы характеристики водного режима реки и дельты, ледотермических явлений и их реакция на изменения климата. Проанализировано влияние изменений климата на причины частоты возникновения наводнений и других опасных явлений в устье зоны ММП.

Ключевые слова: устьевая область Юкона, мерзлые породы, изменения климата, гидрологический режим, сток наносов, наводнения

Abstract

Yukon River mouth is the southern river mouth in the permafrost area, which is sensitive to air temperature variations. The review of investigations of the Yukon River mouth may be useful to the Russian researches. The main physical-geographical characteristics of the Yukon mouth are presented. Investigations of river discharge and ice phenomena show considerable response to climate change. The impact of climate change on the frequency of floods, ice phenomena and permafrost grounds degradation is analyzed.

Keywords: yukon River mouth, permafrost, climate changes, hydrological regime, floods.

Уязвимость устьев рек при глобальных изменениях климата отмечается многими исследователями [7, 29]. Повышение уровня моря и просадка грунта в дельтах понижают их устойчивость к возможным опасным событиям [20, 33]. Рост глобальной температуры воздуха, вызывающий таяние льда в грунте в зоне ММП, приводит к активизации процессов, характерных только для устьев на побережье Северного Ледовитого океана (провалы грунта, оползни и др.) [7]. Уменьшение площади распространения многолетних морских льдов у побережья Аляски в последние десятилетия [27] и толщины ледяного припая вызывает изменение гидрологических условий на взморье арктического устья. Ледовые процессы играют большую роль в формировании устьев рек, впадающих в Северный Ледовитый океан. Дельты Юкона, Маккензи и Лены представляют отдельный тип дельт, морфологически отличающихся от других дельт зоны ММП из-за преобладающего влияния льда на формирование этих дельт [14]. Повышение уровня моря и миграция к северу границы многолетних морских льдов способствует распространению нагонов вглубь устьев и нагонных наводнений [25].

В Российских работах практически отсутствует информация о гидрологическом режиме устья р. Юкон, самого южного в зоне ММП, за исключением статьи в монографии «Реки и озера мира» [3]. Не известна реакция водного режима р. Юкон и ее устья на изменение климата. Краткий обзор публикаций американских ученых, посвященных устью р. Юкон [8, 14, 16, 30, 34], и исследования влияния изменения климата на гидрологический режим устья Юкона, выполненные автором по открытым источникам [5, 24, 26, 31], представленные в данной работе, могут быть полезны при последующем совместном анализе изменений гидрологического режима Российских устьев рек, впадающих в Северный Ледовитый океан.

Объект исследований, данные и методы

Объект исследований – устьевая область и дельта р. Юкон. Замыкающий речной гидрологический пост (г/п) Пайлот-Стэйшн в одноименном населенном пункте (н/п) имеет наиболее длинный ряд расходов воды Q , и в англоязычной литературе принимается за вершину дельты (ВД) [30, 8]. Изменение среднегодовых значений расхода воды Q оценивается методом статистического анализа данных о ежемесячных расходах воды USGS г/п Пайлот-Стэйшн за период 1976–2023 гг. [26]. Рассчитываются средние значения расхода воды за теплый $\langle Q \rangle_W$ и холодный $\langle Q \rangle_C$ периоды года и скорости их изменения за 1976–2023 гг. Среднемноголетнее значение расхода $\langle Q \rangle$ за 1976–2023 гг. рассчитывается с коэффициентом достоверной аппроксимации τ и оценивается скорость изменения расхода в виде $\square Q / \langle Q \rangle$.

Изменения климата в устьевой области р. Юкон оцениваются по данным метеорологических станций (м/с) Ном, Уналаклит, Мыс Романзоф и Бетел [19, 27] (Рис.1). Изменение границы распространения льда на устьевом взморье и сроков замерзания, вскрытия и толщины льда на р. Юкон получены в результате анализа данных разных авторов [14, 27, 24 31], полученных с помощью измерений и моделирования с учетом разных моделей изменения климата. Климатическая величина атмосферных осадков P для дельты Юкона (субарктический пояс) определена по Атласу [23] с осреднением за 1971–2000 гг.

Бассейн р. Юкон. Река Юкон вытекает из оз. Атлин у ледника Луэллин (Llewellyn Glacier, Канада) ($59^{\circ}10'$ с.ш., $133^{\circ}50'$ з.д., 669 м над уровнем моря) (рис.1), и впадает в Берингово море, образуя многорукавную дельту (рис. 2). Это самая длинная река на Аляске и четвертая по длине в США (длина 3700 км [3]), площадь бассейна $F = 855^{\circ}103$ км² [8]. С севера бассейн реки окружен низкими горами Брукс Рэндж, с востока – Селвин и Огилви, с юга – высокими горами, покрытыми ледникам: Хребет Аляска, Рангел и Св. Элиас. Бассейн р. Юкон расположен в субарктическом климатическом поясе с суровым климатом со среднегодовой температурой для всего бассейна, исключая дельту, -5.6°C [8]. Большая часть бассейна 71% покрыта древесной растительностью, 20% – тундровой растительностью и 9% занимают каменистые пустыни, снежники и ледники [3]. Основные правые притоки реки: Теслин, Пелли, Стьюарт, Клондайк, Поркьюпайн, Коюкук; левые: Уайт-Ривер, Танана, Инноко. Весь бассейн р. Юкон находится в зоне островного и спорадического распространения мерзлоты, основная часть бассейна и дельта реки расположены в зонах прерывистого и сплошного распространения мерзлоты, причем $\sim 18\%$ русла реки расположено в сплошных ММП [1]. В [8] выделено 5 типов районов, из которых сплошная мерзлота занимает 16%, прерывистая 46%, с переменной мощностью, 180–15 м, 24%, островная 5% и спорадического распространения 9%.

Устьевая область реки (УО) включает устьевой участок реки, дельту и устьевое взморье. В англоязычной литературе часто под дельтой Юкона имеется в виду общая дельта рек Юкон и Кускокуим, площадь которой оценивается огромной величиной от 96178 до 136000 км² [8, 15], сравнимой с площадью дельты Миссисипи. Эта величина относится ко всему пространству между заливами Нортон и Кускокуим и сильно зависит от границ рассматриваемой разными авторами территории.

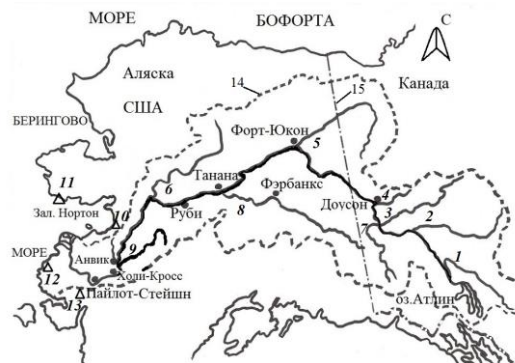


Рисунок 1. Схема бассейна р. Юкон. Притоки: Теслин (1), Пелли (2), Стьюарт (3), Клондайк (4), Поркьюпайн (5), Коюкук (6), Уайт-Ривер (7), Танана (8), Инноко (9); метеорологические станции: Уналаклит (10), Ном (11), Мыс Романзоф (12), Бетел (13); граница бассейна (14), граница США – Канада (15).

Оценка площади дельты Юкона Fd (рис. 2) по космическим снимкам (2006–2009 гг.) составляет $Fd = 5505 \text{ км}^2$ [2] с длиной морского края дельты $\sim 137 \text{ км}$. Величина $Fd=5282 \text{ км}^2$ [15], по-видимому, более точная из-за более длинного периода (2000–2019 гг.) и использования более мелкомасштабных карт.

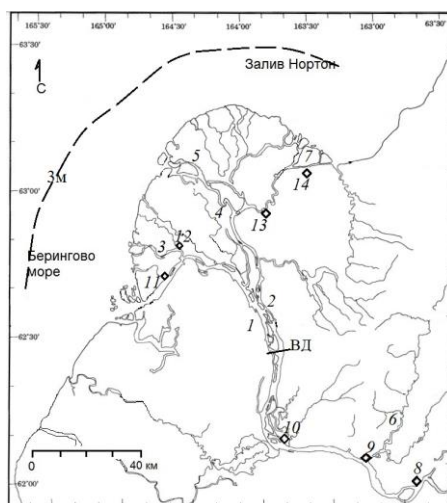


Рисунок 2. Карта-схема дельты Юкона, модифицирована по данным [30]. Рукава: 1, 2 – Квиклюак, Апун, 3 – Квигук, 4, 5 – Каванак, Квикпак; реки: Андреафски (6), Котлик (7); населенные пункты: Пайлот-Стейшн (8), Питкас Пойнт (9), Маунтин Виллидж (10), Алаканук (11), Эммонак (12), Гамильтон (13), Котлик (14); ВД – 110 км от г/п Пайлот-Стейшн.

Ниже г/п Пайлот-Стэйшн ширина реки становится $\sim 900 \text{ м}$, и через 28 км у населенного пункта (н/п) Питкас Пойнт в Юкон справа впадает р. Андреафски. В 54 км ниже Пайлот-Стэйшн (н/п Маунтин Виллидж) начинается ответвление многих мелких рукавов, после чего река течет по болотистой равнине и впадает в Берингово море. Узел ветвления главного рукава Квиклюак (южная дельта) и рук. Апун, основного в северной дельте, можно принять по морфологическим признакам за ВД [4]. Оценка длины дельты по главному рук. Квиклюак дает $\sim 100 \text{ км}$ по карте [21]. Южную дельту формируют рукава Квиклюак и Квигук, центральную – Каванак и Квикпак, северную – Апун. В н/п с Эммонак, Алаканук и Котлик проводились нерегулярные наблюдения за уровнем воды и регистрировались наводнения [11, 19].

Дельта Юкона представляет собой низменную равнину, поднимающуюся от моря к восточной границе области на $\sim 100 \text{ м}$, покрытую термокарстовыми озерами и многочисленными извилистыми потоками, текущими с холмистой северо-восточной местности [8, 30]. Коэффициент озерности дельты составляет от 30 до 50%, длина многих озер более 16 км. Устья многочисленных рукавов разделяются барами и приливными осушками, образующими приливно-отливную зону, лишенную растительности. В северной части дельтовой равнины преобладает травянистая растительность, включая злаковые, лишайники, болота с тундровой растительностью, в основном травянистой, в южной – встречаются кустарники и карликовые деревья. На 180 дней в году вся дельта замерзает.

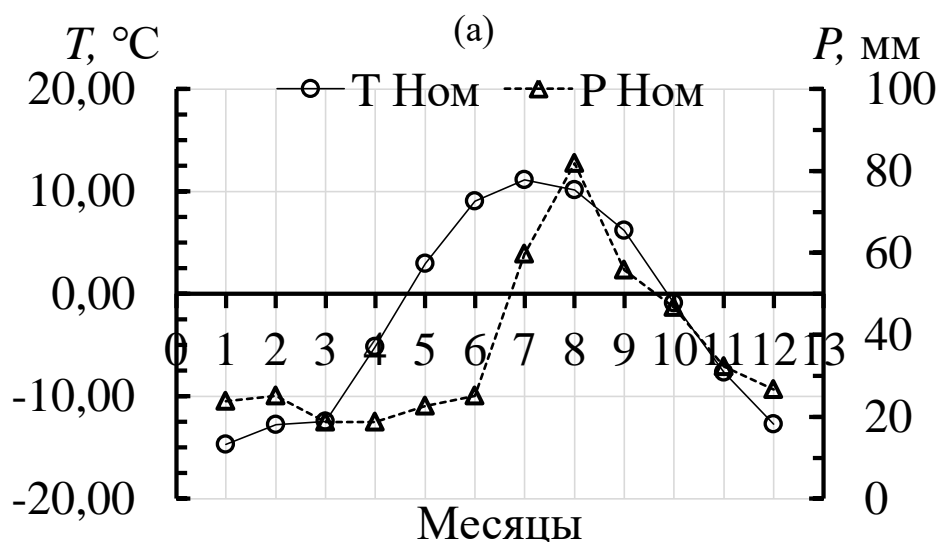
Дельта Юкона покрыта мерзлыми грунтами переменной мощности [8], которые при таянии вызывают увлажнение почвы. Реликтовая мерзлота обнаружена вблизи устья рукава Апун, где побережье зал. Нортон размывается со скоростью 17 м/год, и продукты размыва эпохи Плейстоцена выносятся в залив [14]. Наличие мерзлых грунтов в дельте подтверждается геоморфологическими чертами поверхности: полигональные земли, бугры пучения, термокарстовые озера, солифлюкционные провалы грунта, цепочки болот. В общей дельте Юкон-Кускокуим [10] обнаружены несколько сотен бугров пучения, которые свидетельствуют о сплошном распространении мерзлоты в этой области. На наиболее новой карте распространения разных типов мерзлых грунтов (1998 г.) дельта Юкона расположена в зоне сплошных мерзлых грунтов малой мощности [9].

Устьевое взморье. Внешняя морфологическая граница устьевого взморья р. Юкон по классификации [4] проходит на расстоянии ~ 100 км от берега по изобате ~ 14 м (уклон дна ~ 0.0005), отмечая границу конуса выноса речных наносов [14]. На протяжении 30 км от берега устьевое взморье с уклоном дна ~ 0.001 и глубиной моря до ~ 3 м пересекают подводные продолжения рукавов дельты (бороздины) ~ 10 м глубиной и 0.5–1.0 км шириной, являющиеся проводниками наносов даже зимой. Береговая линия очень изрезана из-за сложной геологии, разных источников наносов и изменения величины прилива вдоль разных участков берега. Распресненная вода ($\sim 6\%$) распространяется до внешней границы устьевого взморья с изобатой ~ 14 м.

Климат дельты Юкона. По классификации Кеппена дельта Юкона лежит в поясе континентального и морского субарктического климата [6] со средней величиной осадков в 1971–2000 гг. 400–500 мм/год [23, 30]. Климат дельты определяется арктическими и континентальными воздушными массами зимой (сентябрь – май) и морскими с Тихого океана – летом. С сентября по май на северном г/п Ном дует устойчивый восточный ветер со скоростями 4.2–6.9 м/с, на южном г/п Мыс Романзоф – северо-восточные ветры со скоростью 4.3–7.6 м/с [30]. Летом ветер становится неустойчивым и меняет направление на южное и юго-западное. Лето на территории дельты Юкона более холодное, чем в других частях бассейна из-за туманов, холодных вод Берингова моря и мощного пакового льда у побережья. Осенью наблюдаются штормовые ветры переменных направлений, вызывающие нагоны воды и затопление дельты до трех раз в месяц. Средняя температура воздуха (T), рассчитанная по данным измерений на м/с Уналаклит и мыс Романзоф за 1948–1974 гг. [30], составляет -2.25°C .

Влияние изменений климата на гидрологический режим устьевой области р. Юкон

Климат. Станции Уналаклит и мыс Романзоф сейчас закрыты, потому приводятся среднемесячные значения T и P м/с Ном и Бетел за 1991–2020 гг., рассчитанные по данным [5] (рис. 3). Среднегодовые значения T на северной м/с Ном $T = -2.22^{\circ}\text{C}$ и южной м/с Бетел $T = -0.33^{\circ}\text{C}$ свидетельствуют о более теплом климате юго-западной части дельты. Среднегодовая T на этих метеостанциях 1991–2020 гг. $T = -1.28^{\circ}\text{C}$ почти вдвое выше, чем значение $T = -2.25^{\circ}\text{C}$ за 1948–1974 гг. [30], приведенное выше. Цикл изменения осадков следует за изменением T : осадки максимальны в теплый период года (м/с Ном 47–60 мм, Бетел – 45–85 мм) и минимальны зимой (м/с Ном 18–25 мм, Бетел – ~ 20 мм). На м/с Ном наиболее влажный период июль – октябрь, средняя сумма осадков в год 437 мм. На м/с Бетел наиболее влажный период июнь – ноябрь, средняя сумма осадков в год 500 мм.



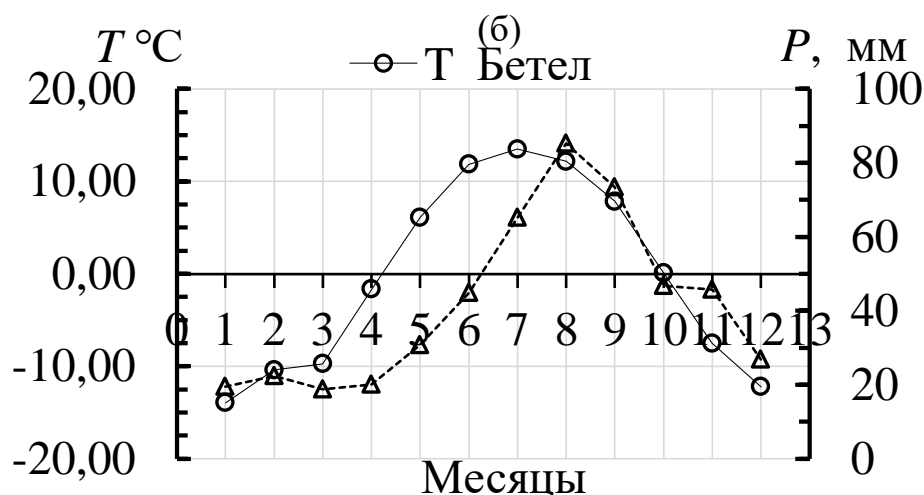


Рисунок 3. Значения T и P на м/с Ном(а) и Бетел (б) за 1991–2020 гг.

Сток воды. Основное питание реки Юкон снеговое, дождевое и ледниковое. Два притока Танана и Уайт-Ривер имеют ледниковое питание и приносят 29% всего водного стока реки W , Коюкук и Поркьюпайн, текущие по территории зоны ММП, дают 22% W [8]. Половодье наблюдается в мае–июне, летне-осенняя межень, прерываемая дождевыми паводками, – в июле–октябре, и зимняя межень – в ноябре–мае, с расходами менее 2000 м³/с [38]. В обзоре данных американских ученых [33] приводится величина $\langle Q \rangle = 4457$ м³/с (140 км³/год). Расчет автора статьи по ряду ежемесячных расходов воды USGS [26] на г/п Пайлот-Стэйшн за 1976–2023 гг. (рис. 4) дает величину $\langle Q \rangle = 6644$ м³/с ($r = 0.5$, погрешность 10%) ($W = 209$ км³/год). За исследуемый период 1976–2023 гг. расход воды, определенный по линейному тренду, вырос на 10%. В период положительных T (рис. 3) с мая по октябрь расход воды растет со скоростью 0.17%/год ($r = 0.24$), в холодное время года (ноябрь – апрель) скорость роста Q составила 0.33%/год при $r = 0.32$. Максимальный расход воды Q_{\max} на г/п Пайлот-Стэйшн чаще всего наблюдается в июне. При анализе дат прохождения Q_{\max} по ряду данных за 1976–2019 гг. обнаружен слабый тренд к его более позднему наступлению в 2019 г. по сравнению с 1976 г. на 0.24 сут. При этом величина Q_{\max} в 1976–2019 гг. убывает со скоростью 0.12%/год ($r = 0.1$).

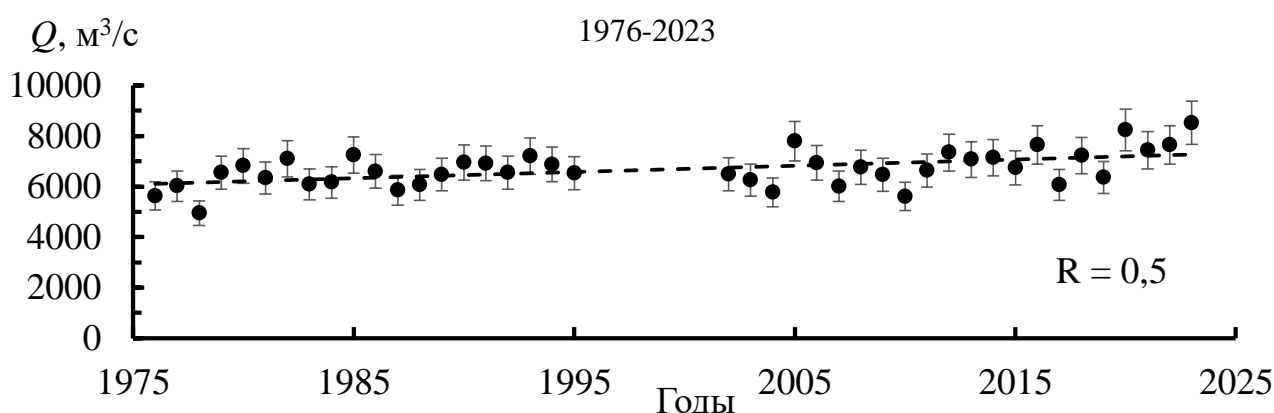


Рисунок 4. Изменение Q на г/п Пайлот-Стэйшн за 1976–2023 гг. (разрыв 1996–2001 гг.) по данным, приведенным в [30].

Сток наносов в дельте. Средний сток наносов на г/п Пайлот-Стэйшн WR~70–90 млн. т/год [8, 30]. Во время весеннего таяния льда на р. Юкон в дельте образуются потоки, текущие поверх льда в рукавах и на осушках [14]. Наносы, движущиеся в рукавах поверх льда и подо льдом, частично отлагаются в бороздинах, простирающихся на ~30 км в море.

В июне на устьевом взморье образуется конус выноса речных наносов в результате их переноса во время половодья. После оттаивания донных грунтов на спаде половодья начинается движение наносов по дну потока в виде гряд. В результате отложения наносов речного происхождения в половодье дельта Юкона выдвигается в море, факел речных мутных вод и конус выноса наносов с годами смещаются в северном направлении [30]. Средняя скорость выдвигания западного переднего края дельты в некоторые годы может достигать 40 м/год в период наблюдений 1900–1980 гг. [14].

Сравнение величин WR (млн. т/год) рек субарктического региона показало, что величина WR Юкона, вторая после р. Маккензи (WR ~130 млн. т/год), в несколько раз превосходит WR для других рек, приведенных в [20]. Исследования Q и мутности воды на г/п Пайлот-Стэйшн показали, что расход наносов R в кг/с в половодье зависит от Q и эрозионной способности площади водосбора, в то время как летом и осенью R зависит от мутности воды притоков Танана и Уайт-Ривер, имеющих ледниковое питание [12], и интенсивности дождей. Например, в 1999 г. по данным измерений Q и R на г/п Пайлот-Стэйшн (рис. 5) расход наносов в конце августа превышал R в половодье.

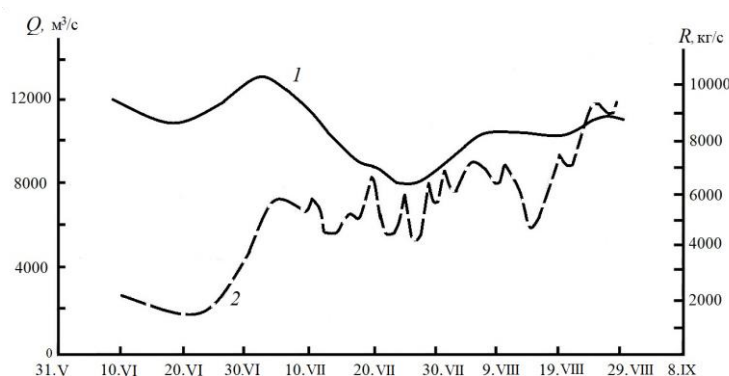


Рисунок 5. Изменение расходов воды (1) и наносов (2) на г/п Пайлот-Стэйшн в половодье и во время дождевого паводка и таяния ледника в верховьях р. Тананы в конце августа 1999 г. (модифицировано по данным [12])

Одной из причин послужили дожди и таяние ледника в верховьях р. Танана в августе, вызвавшие рост Q на г/п Фарбэнкс. Таким образом, величина WR рек, часть или весь бассейн которых находится в зоне ММП, сильно зависит от летних и осенних дождевых паводков, льдистости грунта, устойчивости горных пород к размыву и наличия ледников на водосборе.

Мерзлые грунты при росте T сильно влияют на гидролого-морфологические условия в устьях рек в зоне ММП. Наличие мерзлых грунтов на территории устья Юкона, усиливающее размыв берегов за счет термоабразионной составляющей, признано в отчете Городским Советом н/п Алаканук опасным явлением [19]. В н/п Алаканук наблюдается эрозия и оползни берегов острова, который находится вблизи города, происходящие ежегодно, что грозит открыть город штормовым ветрам и нагонам. Оттаивание мерзлоты и его влияние на процессы в дельтах зоны ММП с трудом поддается прогнозированию в условиях изменяющегося климата [19].

Сравнение распространения мерзлых грунтов в периоды 1948–55 и 2007 – 08 гг. показало нарастание мерзлоты на прибрежных осушках южной дельты Юкон-Кускокуим и уменьшению мощности или исчезновению во внутренней части дельты Юкона; суммарно площадь мерзлых пород во втором периоде уменьшилась на ~3.3% [17, 28].

Гидрометеорологический режим устьевого взморья. Средний диапазон изменения величины суточных приливов от побережья зал. Нортон до побережья южной дельты составляет 13–37, полусуточных приливов – 22–25 см [30]. На севере взморья преобладают суточные приливы, на западе и юге – полусуточные. В целом, максимальная величина приливов у восточного побережья Берингова моря составляет 2–3 м [28]. Сгонные ветры, дующие с берега, вызывающие обратный придонный поток морской воды с отрицательной температурой в сторону суши, приводят к замерзанию речных наносов. Если они сохраняются

2–3 года, то эти сезонно-мерзлые грунты превращаются в многолетнемерзлые, вызывая обмеление устьевого взморья, отмеченное в разных работах как характерное явление для арктических устьев рек [8, 26].

Распространение осолоненной воды в устьевые рукава р. Юкон может происходить в конце лета и осенью при уменьшении расхода воды. Максимальная дальность проникновения осолоненной воды 1–2‰ наблюдалась в августе 1976–77 гг. у дна рук. Апун и составила 50 км [18]. Измерения в августе–сентябре 1985 г. [30] показали отсутствие интрузии морских вод в рукава южной и средней дельт. По оценкам [18, 30] приливные и нагонные колебания уровня воды и осолоненная вода распространяются вглубь рукавов не более чем на 20–50 км, что не превышает длины дельты ~100 км, приведенной выше. Это позволяет считать, что вершина устьевой области реки совпадает с ВД (рис. 2).

Летом температура верхнего слоя воды на устьевом взморье изменяется в диапазон 6–16 °С, последнее значение – вблизи рукавов Юкона [18]. Образование льда на водотоках происходит постепенно, и в среднем рукава покрыты льдом с конца октября до середины мая. При поступлении воды с незамерзших участков реки происходит нарастание толщины льда. В октябре, при температуре воздуха $T \approx 0$ °С, вдоль берегов рукавов Юкона образуется первый лед, вслед за ним формируется донный лед на приливных осушках и поверхность мелких проток покрывается льдом [30]. В ноябре припай распространяется мористее и с середины декабря по середину апреля покрытое льдом пространство достигает максимальной ширины 60–80 км. Зимой потоки воды движутся поверх донного льда в подводных бороздинах [14]. Это зона сплошного ледяного покрова, подверженного приливным подвижкам, отделяющегося от донного льда приливной трещиной по изобате ~1 м. Далее в море расположена зона плавучих льдин ~ 20 км, а затем – зона паковых льдов. Под влиянием преобладающих зимой северо-восточных ветров ледяные поля в зал. Нортон движутся на запад, юго-запад и на юг в Берингово море. Зимой воды залива практически полностью перемешаны с $t = -1.6$ °С, близкой к температуре замерзания [18]. Устьевое взморье Юкона формируется под влиянием припая, существующего в течение полугода.

Вскрытие рукавов происходит позже, чем других участков реки. Весной из-за разного времени вскрытия отдельных участков реки возникают условия для образования ледяных заторов и наводнений с затоплением больших площадей в долине и дельте реки [8, 11, 19]. Таяние снега и льда на р. Юкон начинается с верховьев в начале мая. Наблюдения за вскрытием реки на г/п Пайлот-Стэйшн начались в 1924 г. (Рис. 6), но проводились нерегулярно, разброс дат вскрытия велик (32 дня), а тренд дат вскрытия имеет малую достоверность (0.24). Рассчитанная по линейному тренду дата вскрытия реки в 2022 г. на г/п Пайлот-Стэйшн – ~13 мая, что на 6 дней раньше чем 1920 г. Вскрытие реки в Пайлот-Стэйшн происходит на 8–9 дней позже, чем в верховье на г/п Доусон, где в результате расчета по длинному ряду регулярных наблюдений (1896–2022 гг. [24]) получена дата вскрытия реки в 2022 г. 4–5 мая. Во время ледохода обычно преобладают южные ветры, которые способствуют разрушению берегового припая и выносу льдин в море. К июню припай на северо-западном мелководном устьевом взморье полностью разрушается.

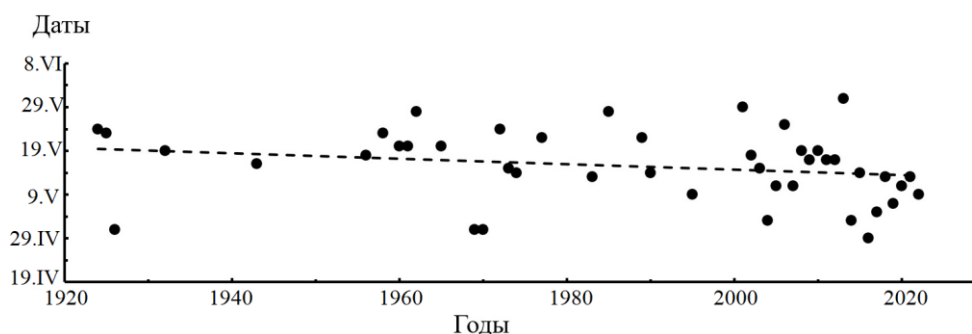


Рисунок 6. Даты вскрытия р. Юкон на г/п Пайлот-Стэйшн 1924–2022 гг. [24].

Современная тенденция в изменении климата приводит к сокращению площади распространения морских льдов (1971–2021 гг. – 12.7%/10 лет) и сдвигу к северу границы распространения океанских льдов [22]. Частые и интенсивные тропические циклоны, движущиеся на север, вызывают более позднее образование льда на поверхности Берингова

моря, приводя к уменьшению ледовитости. Толщина и площадь распространения многолетних морских льдов у побережья Аляски убывают в последние десятилетия [27]. Тенденция изменения площади распространения морских паковых льдов показала уменьшение площади в марте и сентябре 1979–2020 гг. со скоростью 0.26 и 1.34%/год, соответственно, относительно средних величин за 1981–2010 гг. с 99% значимостью.

Оценка возможного изменения уровня моря в зависимости от роста T по разным климатическим моделям, дает увеличение уровня на ~1.0–2.0 м к 2100 г. [32]. По результатам моделирования при минимальном значении повышения уровня моря юго-западная часть дельты Юкон-Кускокуим будет затоплена в 2100 г. при неизменном стоке наносов [17, 28].

Наводнения

По данным наблюдений в н/п Эммонак, Алаканук и Котлик, основные, самые частые и приносящие наибольший ущерб явления – это наводнения. Наводнения могут быть вызваны разными причинами: весеннее половодье, ледяные заторы при вскрытии реки, ливневые паводки, штормовые нагоны. По всей реке Юкон в 1970–2010 гг. зарегистрировано 210 случаев образования заторов [13]. Средняя дата появления затора на г/п Пайлот-Стэйшн – 19 мая, в ~170 км ниже, в рукавах Квигук и Квиклуак (см. рис. 2), – 23 и 24 мая соответственно. Во время весеннего вскрытия реки скопления больших льдин в сужениях русла образуют ледяные плотины, вызывающие разлив воды выше плотин.

В период 1984–2006 гг. в н/п Эммонак и Алаканук зарегистрировано 13 наводнений [19], 10 из которых происходили весной, в результате аномально больших снегопадов в дельте Юкона и быстрого таяния снега. Оценить роль ледяных заторов в упомянутых наводнениях не представляется возможным, хотя в [19] отмечено, что кратковременные ледяные заторы происходят практически ежегодно. Наиболее длинный ряд изменений уровней воды во время наводнений в н/п Котлик (северная дельта) (1952–2021 гг.) представлен в [11]. Из 33, зарегистрированных на г/п Котлик, только 2 происходили весной. В отчете отмечено [11], что до организации регулярных измерений уровня воды в р. Котлик, не угрожающие населению подъемы уровня в результате ледяных заторов не отмечались. Причиной первого наводнения, наблюдавшегося 10 ноября 1952 г., считается цунами, вызванное землетрясением 9.0 баллов на Камчатке произошедшее на 6 дней раньше 4 ноября. Заторные наводнения происходили 20.06.1964 и 25.05.2009 гг., уровень воды при первом из них превышал критическое значение $H_{crit} = 1.7$ м (над средним сизигийным уровнем моря). Особенно сильные наводнения происходили в ноябре 2011, 2013 гг. Начавшиеся в 2017 г. регулярные наблюдения в н/п Котлик зарегистрировали 13 осенних и зимних наводнений с уровнем воды, не превышающим H_{crit} , (критический уровень воды, при котором необходима эвакуация населения), из них 3 больших наводнения между октябрем 2017 и январем 2018 г. и умеренное наводнение в феврале 2019 г. Оценка автора данной статьи показала, что за весь период наблюдений 1952–2020 гг. максимальный уровень воды при наводнении линейно убывает ($r = 0.2$), а частота осенних и зимних наводнений растет ($r = 0.4$) со скоростью ~2% в год. Эта оценка подтверждает вывод автора [7] о связи зимних наводнений с теплыми зимами и тонким ледяным покровом. Зарегистрированные в н/п Котлик наводнения происходят осенью в результате морских нагонов и ливней бассейне Юкона, т.е. это стоковые или нагонные наводнения. За 1952 – 2021 гг. 21% осенних и зимних наводнений отмечены как явления с высокими рисками, требующие эвакуации населения, 24% – средние, при которых заливаются дороги, взлетно-посадочные площадки и первые этажи домов в низинах, и 39% – нарушаются подходы к строениям, в остальных 12% уровень подъема воды не был зарегистрирован. Роль ледяных заторов в возникновении наводнений незначительна (~6%), что подтверждает вывод [7] о понижении уровня воды при весенних заторах выше затора и уменьшении частоты заторов с ростом T . Опасные наводнения в дельте Юкона относятся к стоковому, нагонному или смешанному типу.

Большие штормовые нагоны в дельте Юкон-Кускокуим образуются в результате движения тропических масс воздуха к северному полюсу. Максимальная высота исторического нагона в 1974 г. (3.1 м над средним уровнем моря) была превышена 8–9 ноября 2011 г. – 3.3 м над средним уровнем моря при ЮЮЗ [28]. Во время этого нагона была затоплена вся равнина между устьями рек Юкон и Кускокуим, причем в северной части дельты на г/п Котлик в этот день наблюдался нагон ~1.1 м (ниже критической отметки 1.7 м). Опасность наводнений, вызванных штормовыми нагонами, в дельте Юкона больше, чем в других дельтах в зоне ММП, в частности в дельтах рек Колвилл и Маккензи, из-за большей величины приливов [28]. Кроме

того, частым штормовым нагонам способствует малый уклон дельтовой равнины и увеличивающаяся, свободная ото льда поверхность воды в прибрежной зоне дельты.

Заключение

Районирование дельты р. Юкон позволило уточнить положение вершины дельты (~110 км ниже г/п Пайлот-Стэйшн) и длину устьевоего взморья (~100 км) по морфологическим признакам. Вершина устьевой области реки совпадает с вершиной дельты.

Климат устья формируется под влиянием арктических воздушных масс и паковых морских льдов, что приводит к тому, что рукава дельты первыми замерзают осенью и последними вскрываются весной с образованием ледяных заторов. Среднегодовая температура воздуха в дельте Юкона увеличилась на ~1°C.

Анализ гидрологических и морфологических процессов, происходящих в дельте Юкона, расположенной в зоне многолетнемерзлых пород, показал следующее: (1) дельтовая равнина имеет уклон 0.001–0.002, который имеет тенденцию уменьшаться в результате отложения речных наносов и образования мерзлых грунтов на устьевом взморье; (2) Среднегодовое расхождение воды и сток реки в вершине дельты растет, как в теплый, так и в холодный периоды; (3) Стоковые и стоково-нагонные наводнения – наиболее частые опасные явления в дельте Юкона; (4) наличие ММП в бассейне реки и на территории дельты представляет слабо-прогнозируемое опасное явление.

В основном, наводнения в дельте Юкона происходят в результате штормовых нагонов морской воды. В 6% случаев наводнения в рукавах реки происходят из-за ледяных заторов. Величина уровня воды при наводнениях убывает в 1952 – 2020 гг., а их частота растет со скоростью ~2%/год. В последние годы, в 2017 и 2019 в дельте Юкона зарегистрированы локальные зимние наводнения, происходившие в январе и феврале.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИВП РАН (Тема № FMWZ-2022-0001, № государственной регистрации: 122041100222-7).

1. Долгополова Е.Н. Роль многолетнемерзлых пород в формировании гидролого-морфологического режима устьев рек водосбора Северного Ледовитого океана. Арктика: экология и экономика. 2018;32(№ 4):70–85.
2. Кравцова В.И., Митькиных Н.С. Устья рек мира в Атласе космических снимков. Водные ресурсы. 2011;38(1):3–19.
3. Магрицкий Д.В. Юкон // Реки и озера мира. Энциклопедия. М.: Изд-во «Энциклопедия». 2012. С. 790 – 793.
4. Михайлов В.Н., Горин С.Л. Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей – эстуариев. Водные ресурсы. 2012. 39(3). С. 243–257.
5. Alaska Climate Research Center <https://akclimate.org/>
6. Arnfield, A. J. Köppen climate classification. Encyclopedia Britannica, 16 Oct. 2023, <https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification>
7. Beltaos S., Prowse T. River-ice hydrology in a shrinking cryosphere. Hydrological processes. 2009. 23:122 DOI: 10.1002/hyp.7165.
8. Brabets T. P., Wang B., Meade R. H. Environmental and Hydrologic Overview of the Yukon River Basin. U.S. Geol. Survey, Alaska. 2000; CO 80225-0286C, 106 p
9. Brown J., Ferrians Jr., Heginbottom J.A. et al. Circum-arctic map of permafrost and ground ice conditions. Boulder CO: National Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciology. 2001. Available at: <https://databasin.org/datasets/>
10. Burn J. J. Pingos in the Yukon-Kuskokwim delta, Alaska: their plant succession and use by mink // Arctic. 1964. 17 (3): 203–210 <https://doi.org/10.14430/arctic3504>
11. Buzard R.M., Overbeck J.R., Turner M.M. et al. Coastal flood impact assessments for Alaska communities: Kotlik. In Buzard R.M., Overbeck J.R., Christ J., Endres, K.L. and Plumb, E.W., Coastal flood impact assessments for Alaska communities: Alaska. Division of Geological & Geophysical Surveys. Report of Investigation 2021-1C, 57 p. <https://doi.org/10.14509/30783>
12. Chikita K. A., Kemnitz R., Kumai R. Characteristics of sediment discharge in the subarctic Yukon River, Alaska. Catena. 2002. 48. P.235–253.
13. Daly S. F., Vuyovich C. Overview of Ice Jams in Three Major US Rivers. Proceedings of 14th Workshop on the Hydraulics of Ice-Covered Rivers. Quebec City, June 19–22, 2007. P. 1–14.
14. Dupré W.R. Yukon delta coastal processes study. Final Report 208. Houston, Texas 77004. 1980. 51 p.
15. Frost G.V., Bhatt U.S., Macander M.J., Hendricks A. S., Jorgenson M. T. Is Alaska's Yukon-Kuskokwim Delta Greening or Browning? Resolving Mixed Signals of Tundra Vegetation Dynamics and Drivers in the Maritime Arctic. Earth Interactions. 2021. 25. P.76–93. DOI: 10.1175/EI-D-20-0025.1

16. Jorgenson T., Ely C. Topography and flooding of coastal ecosystems on the Yukon-Kuskokwim Delta, Alaska. *Journal of Coastal Research*. 2001. 17(1). P.124-136.
17. Jorgenson T., Ely C., Terenzi J. Monitoring and predicting the Effects of Climate Change on Coastal Ecosystems on the Yukon-Kuskokwim Delta. Alaska Science Center. 2011. 24 p.
18. Kozo T. L. Yukon delta oceanography and meteorology. Final Report Outer Continental Shelf Environmental Assessment Program Research. Unit 519. 1983. P.435-470.
19. Local Hazards Mitigation Plan. City of Emmonak WH Pacific, Inc. Bechtol Planning and Development. Report prepared by Emmonak City Council: Redfox J. D., Benedict M.C., Lee St. A. R. B. Kameroff C. J., Andrews E., Kelly A. 2008. 78 p.
20. Magritsky D., Mikhailov V.N., Korotaev V.N. et al. Changes in hydrological regime and morphology of river deltas in the Russian Arctic. Proc. HP1, IAHS-IAPSO-IASPEL Assembly. 2013. Sweden, Gothenburg: IAHS Press 358. P 67-79.
21. Map Google Earth <https://www.google.com/earth/versions/>
22. Meier W.N., Stroeve J. An updated assessment of the changing Arctic Sea ice cover. *Oceanography*. 2022:1 10. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2022.114>.
23. NOAA Atlas 14, Precipitation-Frequency Atlas of the United States Volume 7 Version 2.0. – Alaska: Silver Spring (MD). 2012. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/22615>
24. Open source GIS consulting. Fremantle, West Australia <https://mammothgeospatial.com/>
25. Pisaric M.F.J., Thienpont J.R., Kokelj S.V. et al. Impacts of a recent storm surge on an Arctic delta ecosystem examined in the context of the last millennium. *PNAS*. 2011. 108(22). P. 8960-8965
26. Shiklomanov A.I., Holmes R.M., McClelland J.W., et al. 2020. Arctic Great Rivers Observatory. Discharge Dataset, Version 2020-12-24. <https://www.arcticrivers.org/data>
27. Stewart B.C., Kunkel K.E., Champion S.M. et al. Alaska State Climate Summary 2022. NOAA Technical Report NESDIS 150-AK. 2022: NOAA/NESDIS, Silver Spring, MD, 6 pp. <https://statesummaries.ncics.org/chapter/ak/>
28. Terenzi J., Jorgenson M. T., Ely C.R. Storm-Surge Flooding on the Yukon-Kuskokwim Delta, Alaska. *Arctic*. 2014. 67(3). 360-374.
29. Tessler Z. D., Vörösmarty C. J., Grossberg M., et al. Profiling risk and sustainability in coastal deltas of the world. *Science*. 2015. 349. P.638-643. DOI: 10.1126/science.aab3574
30. Thorsteinson L. K., et al. The Yukon delta. A synthesis of information. NTOAA/National Ocean Service, Ocean Assessments Division, Alaska Office, Anchorage, Alaska. 1989. 93 p.
31. US Department of the Interior. Science for a changing world <https://www.usgs.gov/products/data>
32. Vermeer M., Rahmstorf S. Global sea level linked to global temperature. *Proceedings National Academy of Sciences*. 2009. 106(51). P. 21527-21532.
33. Walker H. J. Arctic Deltas. *Journal of Coastal Research*. 1998. 3(1). P.718-738.
34. Whitley M.A., Frost G. V., Jorgenson M. T. et al. Assessment of LiDAR and Spectral Techniques for High-Resolution Mapping of Sporadic Permafrost on the Yukon-Kuskokwim Delta, Alaska. *Remote Sensing*. 2018. V 10. P. 258 – 278 doi:10.3390/rs10020258

Митрофанов Н.М.¹ Митрофанова Т. Ю.²

Гидрологический потенциал Кыргызстана: хозяйственный, энергетический, рекреационный потенциал

¹ФГБОУ ВПО «Российский государственный педагогический университет им А.И. Герцена

²ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/trnio-08-2024-292

Аннотация

В статье исследуется гидрологический потенциал Кыргызской республики. Выявлено, что ресурсы пресных вод являются важнейшим фактором экономического развития страны, гидрологические ресурсы страны играют особо важную роль в 3 областях развития страны: хозяйственном (в первую очередь, в области развития растениеводства и коммунальном обеспечении), энергетическом (страна обладает огромным, слабоиспользуемым в настоящее время энергетическим потенциалом горных рек), рекреационном (Иссык-Куль и некоторые другие высокогорные озёра облачаются наиболее высоким туристическим потенциалом, среди разнообразных природных объектов в стране). В отличие от других стран Средней Азии, республика отличается большими запасами пресных вод, сосредоточенных главным образом в горных ледниках, а также реках и озёрах. Автором исследовано, что почти все локации

интенсивного сельского хозяйства в стране нуждаются в искусственном орошении, поэтому наряду с тем, что огромным энергетическим потенциалом обладают небольшие горные реки, наибольшим оросительным потенциалом отличаются крупнейшие реки страны, являющиеся притоками крупнейших рек Центральной Азии: Сырдарья и Амударья (Нарын, Кара-Дарья, Сары-Джаз, Талас, Чу). Выявлено, что наряду с гидрографическими объектами природного происхождения, важную роль в хозяйстве страны играют водохранилища, активное создание которых происходило во времена СССР.

Ключевые слова: Кыргызстан, главные речные системы, ГЭС, водный режим, водосборный бассейн, подземные воды, рекреационный потенциал, туристическая индустрия, озёра, водохранилища, Иссык-Куль, Сонкёль, водоснабжение, Токтогульская ГЭС.

Abstract

The article studies the hydrological potential of the Kyrgyz Republic. It is revealed that fresh water resources are the most important factor of economic development of the country, hydrological resources of the country play a particularly important role in 3 areas of development of the country: economic (first of all, in the field of crop production development and municipal provision), energy (the country has a huge, underutilized at present energy potential of mountain rivers), recreational (Issyk-Kul and some other high-mountain lakes have the highest tourist potential among the various natural objects of the country). Unlike other Central Asian countries, the republic is characterized by large reserves of fresh water, concentrated mainly in mountain glaciers, as well as rivers and lakes. The author studied that almost all locations of intensive agriculture in the country need artificial irrigation, therefore, along with the fact that small mountain rivers have a huge energy potential, the largest rivers of the country, which are tributaries of the largest rivers of Central Asia: Syr Darya and Amu Darya (Naryn, Kara Darya, Sary Dzhaz, Talas, Chu), are characterized by the greatest irrigation potential. It is revealed that along with hydrographic objects of natural origin, an important role in the economy of the country is played by reservoirs, the active creation of which took place during the Soviet era.

Keywords: Kyrgyzstan, main river systems, HPPs, water regime, catchment area, groundwater, recreational potential, tourism industry, lakes, reservoirs, Issyk-Kul, Sonkyol, water supply, Toktogul HPP.

Реки Кыргызстана

В развитии Кыргызстана особенная роль принадлежит рекам. Решающую роль в их характеристиках играют особенности рельефа и климата тех местностей, по которым они протекают. Существование в горах Тянь-Шаня и Памиро-Алая мощных узлов оледенения, больших площадей, занятых снежниками, выходов грунтовых вод обуславливает формирование густой и разветвлённой гидрографической сети. [1] Географическое положение в центре самого крупного материка - Евразии, вдали от океанов и морей и сравнительно в южных широтах приводит к формированию на территории Кыргызстана засушливого континентального климата. По характеру водного баланса, территория Кыргызстана подразделяется на 2 области: область формирования стока и область рассеивания стока. 87% территории Кыргызстана относятся к области формирования стока. Это - территория высоких и средневысоких гор и высоко расположенной межгорной долины, а предгорные равнины входят в область рассеивания их стока, нередко здесь образуются речки и ручьи грунтового питания, которые называют Кара-Суу.

Сложность и контрастность рельефа затрудняет деление территории Кыргызстана на регионы по источникам питания рек. Все реки Кыргызстана, по источникам питания разделяются на следующие типы: 1. Реки ледниково-снегового питания; 2. Реки снегово-ледникового питания 3. Реки снегового питания; 4. Реки снегового и дождевого питания. Основным источником питания рек - снеговые и ледниковые воды. Их доля в общем стоке доходит до 80%, в питании рек участвуют и подземные воды. Их доля возрастает в реках, формирующихся в предгорьях и на равнинах. Например, у реки «Красная», питающейся из болот вблизи Токмака, средний годовой расход составляет 22 м³ в секунду. [2]

По данным учёных - географов, общий объём воды, вытекающий с территории Кыргызстана, составляет 46,8 км³. По режиму стока, реки Кыргызстана относятся к Тянь-Шанскому и Алтайскому типу. Реки Тянь-Шанского типа питаются главным образом снежников в высокогорье и ледников, расход воды в них увеличивается летом, в период бурного таяния, достигая максимума в июле-августе. [3]

Реки Алтайского типа питаются преимущественно талыми водами сезонных снегов Среднегорья. Расход воды увеличивается весной, а так как снег на разных высотах тает не одновременно, половодье растягивается на долгое время. [4] Второй фактор, оказывающий большое влияние на формирование стока вод - высокие горы, которые играют барьерную роль на пути влажных воздушных масс и являются причиной более обильного выпадения атмосферных осадков, поэтому северный, северо-западный и западный склоны наружных хребтов более увлажнены и соответственно - богаче текучими водами. Например, с каждого квадратного километра площади бассейна реки Терс, левого притока реки Чаткал, стекает в одну секунду 16 литров воды, а на формирующемся на восточном хребте реки Касансай в одну секунду - 6 литров.

Влияние рельефа на реки выражается в таких характеристиках как падение и уклон реки. Падением реки называется превышение истока реки над устьем, выраженное в метрах. Уклоном реки называют отношение величины падения реки к её длине. Эти особенности всегда учитывались при хозяйственном использовании рек. На территории Кыргызстана формируется 2047 рек и речушек, длиной более 10 км и общей протяжённостью около 35 тысяч километров. [5] Речная система собирает воды с территорий, которая называется бассейном или водосборной площадью. Бассейны отделяются друг от друга водоразделами. Большая часть рек Кыргызстана относится к бассейну Аральского моря, остальные относятся к бассейну реки Тарим, озера Иссык-Куль и озера Балхаш. Каждая река не похожа на другие, каждая имеет свой характер и свою «музыку волн». Самая крупная река Кыргызстана - Нарын. Река - одно из главных достопримечательностей всей страны. Река протекает по территории Иссык-Кульской, Нарынской, Джалал-Абадской областей и по территории Узбекистана. Несясь по горным ущелья и омывая каменистые берега, она является составляющей реки Сырдарья, относящейся к бассейну Аральского моря.

Длина реки Нарын в пределах республики - 535 км, река образуется слиянием рек большой Нарын и малый Нарын. Большой Нарын зарождается в озере, расположенном у языка ледника Петрова, в массиве Ак-Ширак. Малый Нарын образуется из многочисленных речек, вытекающих из ледников хребта Джетебель.

В целом, бассейн Нарына характеризуется относительно малым количеством осадков, большинство которых приходится на летнее время. Река Нарын протекает по долинам «Средненарынская», «Тогус-Тороузская», «Кетмен-Тюбинская» долины и пересекая Ферганский хребет, выходит в Ферганскую долину и принимает с левой стороны реку «Кара-Дарья». Крупные притоки реки Нарын - реки «Кара-Суу», «Чичкан», «Кёкёмерен», «Каджирты», «Ат-Баши» и другие. [6]

По водному режиму, река Нарын и её притоки относятся к типу снегово-ледникового питания, половодье которых наблюдается в тёплое время года, а межень - в зимнее время. Река Нарын имеет огромное значение в развитии экономики страны. Вода используется на орошение, река обладает значительными энергетическими ресурсами. На ней расположена крупнейшая ГЭС страны (Токтогульская). [7] Следующая река - Кара-Дарья - это левая составляющая реки Сырдарья, образуется от слияния рек Тар и Кара-Кульджа. Длина реки, вместе с рекой Тар - 77 км в пределах республики. К бассейну Сырдарья также относятся многочисленные реки, стекающие с обрамляющей Ферганскую долину Горных хребтов (Алайского, Туркестанского и Четкальского хребтов). В связи с использованием полива для орошения, большинство из них доходит до главной реки, протекающей по Ташкентскому оазису река Чаткал, формируясь на северо-западном склоне Четкальского хребта впадает в реку Черчик (правый приток реки Сырдарья).

В связи с тем, что река Чаткал и её притоки питаются талыми водами снегов и ледников, их половодья приходят на конец весны и начало лета. В связи с благоприятным расположением Четкальского хребта, высока доля весенних осадков в питании реки. Реки Алайской долины относятся к бассейну реки Амударья. Река Кызыл-Суу - одна из рек, образующих реку Вахш. На территории Кыргызстана её длина - 222 км. Самый крупный из правых притоков - это река Коксу. Основной источник питания - талые воды ледников и снегов. По водному режиму, это - река Тянь-Шанского типа ледниково-снегового питания с половодьем в теплое время года.

Одна из рек северного Кыргызстана, имеющая наибольшее хозяйственное значение - это река Чу. Общая длина реки Чу - 1030 км из них 260 км - в пределах Кыргызстана. Одним из первых путешественников, проникшим в эти труднодоступные края был Семёнов-Тянь-Шанский, который определил, что река Чу не берёт начало из озера Иссык-Куль. Река образуется при слиянии в Кочкорской долине рек Джолнарык и Чочкор. В районе пересечения реки Чу с Кыргызским Ала-Тоо построено Орто-Токойское водохранилище. [8]

Вблизи города Балыкчи, река, повернув на запад входит в Боомское ущелье, на месте выхода из этого ущелья с правой стороны принимает самый крупный приток - реку Чон-Кемин и течёт по Чуйской долине, далее река Чу течёт на запад по широкой долине и считается границей между Кыргызстаном и Казахстаном. После выхода с территории республики, теряется в песках пустыни Муюн-Кума в южном Казахстане. С разнообразием истоков питания и формировании стоков рек в бассейне реки Чу, они различны и по водному режиму. В более благоприятных условиях формирования стока расположены: Чон-Киминская долина и северный склон Кыргызского Ала-Тоо. Реки Кыргызского Ала-Тоо и река Чон-Кимин относятся к Тянь-Шанскому типу рек, питающиеся талыми водами ледников и снегов с летним половодьем.

На территории Чуйской долины по величине стока на 1 месте находится бассейн реки Аламелин, так как высота хребта её бассейна достигает 3000-4000 метров, реки Чуйской долины, в нижней своей части относятся к области рассеивания стока. Вода большинства рек разбирается на орошение, поступает в искусственные арыки и каналы. Бассейн реки Талас занимает долину между хребтами Кыргызского и Таласского Ала-Тоо. Начало река Талас получает после слияния рек Каракол и Уч-Кошой. Длина реки Талас в пределах республики - 102 км. В нижней части реки вода разбирается на орошение, а та, что остаётся - исчезает в песках пустыни Муюн-Кум в Казахстане. По водному режиму, река Талас и её притоки относятся к Тянь-Шанскому типу рек, питающиеся снеговыми и ледниковыми водами с летним половодьем. Правые притоки формируются на не очень высоком без ледников, южном склоне Кыргызского Ала-Тоо и относятся к типу рек снегового питания с весенним половодьем.

К системе реки Тарим относятся реки в юго-восточной, самой высокой части Кыргызстана. На этой территории формируются реки Сарыджаз, Аксай, восточный Кызыл-Суу, текущие в Китай. Водосборные площади всех вышеназванных рек располагаются выше 3500 метров, высшая точка - пик Победы, 7439 метров и самая низкая точка на высоте 1680 метров. По водности и величине площади бассейна самая крупная река в бассейне реки Тарим - это Сарыджаз. Начинается с ледника Семёнова как река Кашкотор, соединяясь с левой стороны с рекой Адыр-Тор, берущей начало с ледника Мушкетова, получает название Сарыджаз.

В Китае эта река называется Аксу. Длина реки в пределах Кыргызстана - 167 км. По водному режиму, реки Таримского бассейна относятся к Тянь-Шанскому типу рек, питающиеся ледниковыми и снеговыми водами с летним половодьем. Средняя высота их водосборной площади достигает 4000-5000 метров над уровнем моря. Площадь замкнутого бессточного бассейна - озеро Иссык-Куль. В озеро впадает 118 мелких и средних рек. Самый крупный из них - Тюп и Джергалан, расположенные в восточной части Иссык-Кульской впадины. Обе реки начинаются с северного склона хребта Терскей - Ала-Тоо.

По водному режиму, реки Иссык-Кульской котловины относятся к Тянь-Шанскому типу рек, питающихся снегово-ледниковыми водами с летним половодьем. Самая высокая величина стока - у рек Каракол, Джети-Огуз, которые расположены в восточной части Терскей Ала-Тоо. На границе Кыргызстана расположена река Каркыра, относящаяся к бассейну озера Балхаш, длина её - 69 км. На общие гидрологические процессы рек оказывают влияние климат и рельеф поверхности Кыргызстана. В зависимости от высоты места и климата изменяется водный баланс и условия образования стока.

Озёра и водохранилища Кыргызстана

Общее число зарегистрированных озёр и водохранилищ на территории Кыргызстана составляет более 2000. 3,4% территории республики занимает поверхность воды. 84% озёр Кыргызстана расположены в горной зоне на высоте 3000-4000 метров. Озера изменяют рельеф, создают дно и берега, обрывы и террасы, озера влияют на климат прилегающих к ним локаций: смягчают жару летом и холода зимой, увлажняют наветренные берега, насыщаясь с их поверхности влагой, способствуют поднятию уровня грунтовых вод. Наибольший процент озёр характерен для территорий страны с наиболее близким залеганием грунтовых вод, с наиболее пересеченным рельефом и с наибольшим в стране количеством осадков.

Озера Кыргызстана по происхождению подразделяются на 4 группы:

1) тектонические - озера, расположенные в тектонических прогибах или разломах; 2) гляциогенные - озерные котловины, образовавшиеся в результате деятельности ледников; 3) завальные - в результате движения земной коры происходит завал русла реки, в результате которого образуется озеро; 4) гидрогенные - в результате деятельности подземных вод.

По происхождению и морфологическому строению, озёра Кыргызстана можно объединить в 3 группы: завальные, котловинные и смешанного типа.

1. Завальные (или запрудные) - озера образуются в результате перегораживания речной долины обвалом, ледником или наносами. Запрудные озера подразделяются на 3 вида: речные, долинные и береговые. Речные озера образуются в заводях также в результате забора речной воды на полив. Как правило, такие озера невелики.

Долинные озера как правило образуются в результате перегораживания узких долин обвалами горных пород, например: Сары-Челек, Кулун, Кара-Суу и другие. Наибольший рекреационно-туристический потенциал из завальных озёр имеет озеро Сары-Челек. В переводе с кыргызского название озера обозначает: жёлтая чаша. Озеро оправдывает свое название осенью, когда листва деревьев окрашивает берега озера в жёлтый цвет, в летнее время года вода озера имеет синий с зеленоватым оттенком цвет. Это озеро расположено на склонах Чаткальского хребта в бассейне реки Коджо-Ата на высоте 1878 метров над уровнем моря.

Очертания озера повторяют форму долины, берега озера крутые, сильно расчленённые. Протяженность береговой линии - 21 км, в озеро впадает река Сары-Челек, вытекает река Тоскол, являющаяся левым притоком реки Кочо-Ата. Самый высокий уровень озера наблюдается в мае, самый низкий - в декабре, разница доходит до 40-50 см. В конце декабря озеро замерзает, а вскрывается ото льда в апреле, летняя температура достигает +19,8 С, зимняя - колеблется около 0 С. Температура глубинных вод не опускается ниже +5 С. Сары-Челек - пресноводное озеро, южное побережье покрыто орехово-плодовыми лесами. Береговые озера - это озера на побережье Иссык-Куля, образованные как остаточные водоемы в результате снижения его уровня - Кара-Кель, Коку-Кель и другие.

Кыргызское «мёртвое озеро» - «Кара-Кель» было открыто случайно в 2001 году на южном побережье Иссык-Куля на высоте 1604 метра, в 400 метрах от Иссык-Куля. Солёность озера - 132 грамма на 1 литр воды. Вода озера способствует лечению кожных заболеваний, заболеваний опорно-двигательного аппарата. К котловинным относятся озера: моренные, каровые, карстовые, термокарстовые и тектонические.

Моренные озера образуются в результате деятельности древних и современных ледников. При отступлении ледников, оставшееся их ложе рыхлая породы образуют неровности земной поверхности. Среди этих неровностей и возникают моренные озера, например, озера в Арабельской и Кумторской долинах. Креслоподобные формы рельефа на склонах гор, образованные деятельностью ледника, называют карами. Понижения на днищах отдельных каров заполняются водой и образуются каровые озера. Их размеры очень малы. Карстовые озера возникают на понижениях, образующиеся на пустотах легкорастворимых пород, в основном, в результате растворяющей деятельности подземных вод. Встречаются они в низкогорьях, обрамляющих Ферганскую долину.

Термокарстовые озера встречаются в высокогорных долинах: Арабель, Кумтор, Сары-Джаз, Аксай, где распространена многолетняя мерзлота. Самые крупные озера - Иссык-Куль, Сон-Кель, Чатыр-Кель относятся к группе образованных тектоническим путем.

Самое крупное озеро Кыргызстана - Иссык-Куль. Оно входит в 25 крупнейших озёр мира и находится на 7 месте в списке самых глубоких озёр. Озеро расположено в тектонической котловине между хребтами Кюнгей Ала-Тоо и Терской Ала-Тоо. Абсолютная высота озера - 1607 метров над уровнем моря. Иссык-Куль - бессточное озеро, второе по прозрачности воды озеро в мире после озера Байкал. Уровень воды в Иссык-Куле циклически меняется, перемененно поднимаясь и опускаясь. Цикл происходит в течение нескольких десятилетий. Причина этого заключается в неустойчивом балансе воды, колебание уровня наблюдается и в течение года. Повышение на 21-22 см летом в результате большого потока речных вод, а затем, понижается в зимне-весенние месяцы. Озеро не замерзает, амплитуда годового колебания температур достигает 20 С, от +24 С до + 4 С, вода озера солоноватая, около 6 промилей, озеро богато органическим миром. Из 22 видов рыб, 10 - акклиматизированные, зимой обитают многочисленные водоплавающие птицы. К озёрам смешанного происхождения относятся те озёра, котловины которых сформировались в результате деятельности различных факторов (Сон-Кель и Чатыр-Кель.)

Озеро Сон-Кель - второе по величине озеро, расположено на высоте 3016 метров, средняя температура воды - минус 3,5 градусов, 200 дней в году озеро укрыто снегами и в зимнее время подняться к нему практически невозможно, что несколько снижает туристско-рекреационный потенциал водоёма. Побережье озера активно используется проживающими в его окрестностях пастухами, используя его берега как пастбища. Летом, температура воды в озере поднимается до 11-12 градусов Цельсия, с ноября по май водная гладь озера скована льдом, вокруг берегов озера произрастает большое количество россыпей эдельвейсов и множество других очень редких цветов. Богат и мир водоплавающих птиц озера, которые обитают на побережье Сон-Келя, куда они прилетают в середине мая и остаются до сентября, антропогенно нетронутое дикое побережье служит домом для многих видов хищников, например, снежного барса и красного волка. Все эти факторы делают Сон-Кель одним из самых туристических привлекательных локаций Кыргызстана. [9]

Третье место по площади занимает озеро Чатыр-Кель (небесное озеро). Высота озера составляет 3520 метров над уровнем моря. Озеро Чатыр-Кель расположено западнее Ак-Сайской долины между Ат-Башинским хребтом и Торугард-Тоо. Длина озера - 23 км, наибольшая ширина - 11 км. Озеро бессточное, минерализация его вод близка к 2 промилям. Вода чистая, прозрачная, многолетний режим уровня имеет отрицательное значение, за последние 100 лет уровень воды в реке понизился примерно на 4 метра. С октября по апрель озеро замерзает, толщина льда составляет 1,5 метра, в южной части имеется множество минеральных источников. Однако, озеро не имеет рыболовного потенциала, рыба в водоёме отсутствует, летом гнездятся перелётные птицы.

Озеро Мерцбахера - горное, ледниково-подпрудное озеро, расположено в нижнем конце ледника «Северный Иньльчек» и перегороженное льдами ледника «Южного Иньльчека». Высота озера составляет 3304 метра, длина - 4 км, ширина - 1 км, глубина - более 60 метров. В виду того, что берега озера ледяные, размер водоёма меняется с течением времени. Ежегодно, вода вытекает из озера по дну ледника и исчезает.

Вновь озеро заполняется водой до предыдущего уровня в летние месяцы следующего года. Продолжительность периода прорыва и исчезновения озера составляет 5-8 дней, которые приходятся на конец августа, иногда - на сентябрь.

Для защиты от наводнений и сохранения запасов воды на засушливый период, на территории республики издавна сооружаются плотины и водохранилища. Водоохранилища формируют значительную часть ландшафта Кыргызстана. Основная задача водохранилищ - перераспределение основного объёма воды по сезонам, равномерная выработка электроэнергии в течение года. Первым, построенным в 1956 году в Кыргызстане водохранилищем является Орто-Токойское водохранилище на реке Чу, за селом Кочкор. Оно расположено к западу от озера Иссык-Куль. Самым же крупным в Кыргызстане является Токтогульское водохранилище. Плотина водохранилища была построена в 1974 году на реке Нарын. Оно построено для получения электроэнергии и орошения земель. Токтогульское является самым большим водохранилищем в Центральной Азии. Строительство Токтогульской ГЭС было одним из самых масштабных инфраструктурных проектов в Средней Азии. Для её строительства была перегорожена самая мощная по гидроэнергетическому потенциалу река Центральной Азии – Нарын. На строительство Токтогульской плотины ушло 13 лет. [10]

Нырын - это протянувшаяся на тысячи километров, крупнейшая в Центральной Азии горная река. Берущая свои истоки из ледников Тянь-Шаня, река течет вдоль горных долин, местами - в узких ущельях. На одном из таких мест, бурное течение преграждает плотина, созданная руками человека. Построенная в 70-х годах прошлого столетия, Токтогульская гидроэлектростанция является самой крупной и мощной в Кыргызстане. Ежегодно ГЭС вырабатывает более 4 млрд. кВт, чего достаточно для обеспечения половины населения Кыргызской республики. Введённая в эксплуатацию в 1975 году, станция имеет 4 гидротурбины. Их уникальность - в двухрядном расположении из-за слишком узкого каньона. Вода проводится к турбинам по 4 каналам, рассчитанным на колоссальный напор воды с высоты 200 метров. Электростанция вырабатывает дешёвую, экологически чистую электроэнергию. [11] Из воды, возобновляемого источника, энергию можно черпать бесконечно. Важное хозяйственное значение имеет Кара-Бууринское водохранилище, длина которого - 22 км, ширина - 4 км, находится в Таласской области в ущелье Чон-Капка. Многие водохранилища используются только для полива, такие, как: Орто-Токойское, Торткульское,

Папанское, Кара-Бууринское. Из-за использования этих водохранилищ с целью орошения, вода в них к концу лета убывает почти на 90%. [12]

Ценность водохранилищ состоит в том, что они обеспечивают устойчивость речного стока, во время весеннего таяния снега за счет накопления воды в чаше водохранилища ниже расположенные территории защищаются от наводнений. В засушливое лето, вода, поступающая из водохранилища, пополняет речной сток, водохранилище используется для водоснабжения. Развитие гидроэнергетики, в первую очередь за счёт почти неосвоенного потенциала малых ГЭС, наряду с месторождениями золота в недрах страны – важнейший фактор экономического развития республики на ближайшие десятилетия. [13]

1. Маматканов Д.М., Бажанова Л.В., Романовский В.В. Водные ресурсы Кыргызстана на современном этапе. – Бишкек: Илим, 2006. – 276 с
2. Караулов Н.А. К вопросу об использовании водной энергии высокогорных районов. «Иzv. НИИГ», т. V, 1932.
3. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. XI Кыргызская ССР. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 450 с.
4. Липкин В.И., Богомбаев Э.С. Микро и малые гидроэлектростанции в Кыргызской Республике. Справочное пособие. – Бишкек: 2010. – 116 с.
5. Клопов С.В. (2). Методика приближенной оценки потенциальной мощности гидроэнергетических ресурсов малых рек. «Иzv. АН СССР, ОТН», 1949, № 3.
6. Резниковский А.М. Водноэнергетические показатели ГЭС Нарын-Сырдарьинского каскада / А.М. Резниковский, М.И. Рубинштейн // Гидротехническое строительство. 2000. № 6. С. 40–46.
7. Программа развития малой Гидроэнергетики в Кыргызской Республике на 1999- 2005 годы. КНТЦ «Энергия». – Бишкек, 1999. – 54 с.
8. Калачев Н.С. Методика учета потенциальных водноэнергетических ресурсов речных бассейнов. Алма-Ата, Изд-во АН Каз. ССР, 1950.
9. Усубалиев Т.У. Вода – дорожка злата. Водные ресурсы Кыргызстана – это его национальное богатство / Т.У. Усубалиев. Бишкек: Изд-во “Шам”, 1998. 256 с.
10. Большаков М.Н., Шпак В.Г. Водноэнергетические ресурсы Кыргызской ССР.– Фрунзе: Изд. АН Кыргызской ССР, 1960.– 254 с.
11. Открытое акционерное общество «Электрические станции» / <http://www.energoes.kg/?page=articles&read=1>
12. Калачев Н.С. Методика учета потенциальных водноэнергетических ресурсов речных бассейнов. Алма-Ата, Изд-во АН Каз. ССР, 1950
13. Среднесрочная стратегия развития электроэнергетики Кыргызской Республики на 2022-2027 годы / <http://www.gov.kg/?p=9247>

Римкевич В.С, Пушкин А.А, Гиренко И.В.

Эффективная фторидно-аммониевая технология переработки золошлаковых отходов после сжигания углей Приамурья

*ФГБУН Институт геологии и природопользования
Дальневосточного отделения Российской академии наук
(Россия, Благовещенск)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-293

Аннотация

В процессе фторидно-аммониевой переработки шлаков, полученных на Экспериментальном технологическом комплексе «Амур», извлечены оксиды кремния, алюминия, железа с удалением водорастворимых фторидов натрия, калия, и концентрат редкоземельных и других элементов. Рассчитана топочимическая кинетика процессов, проведена статистическая проверка гипотез регрессионного и корреляционного анализов. Разработана эффективная инновационная схема комплексной переработки шлаков с извлечением товарных продуктов (оксидов Al, Si, Fe) и получением концентрата стратегически важных элементов и металлов. Предлагаемая схема имеет замкнутый цикл по воде и дополнительным реагентам, предусмотрена система их регенерации.

Ключевые слова: шлаки, фторидно-аммониевое обогащение, инновационная технология, редкие и другие элементы, полезные компоненты

Abstract

Silicon, aluminum and iron oxides and a concentrate of rare earth and other elements were extracted with the removal of water-soluble sodium, potassium fluorides in the process of ammonium fluoride processing of slags obtained at the Amur Experimental Technological Complex. The topochemical kinetics of the processes was calculated, and statistical verification of the hypotheses of regression and correlation analyses was carried out. An effective innovative scheme of integrated slag processing has been developed with the extraction of commercial products (Al, Si, Fe oxides) and with the production of a concentrate of strategically important elements and metals. The proposed scheme has a closed cycle for water and for an additional reagent, and a system for their regeneration is provided.

Keywords: slags, ammonium fluoride concentration, innovative technology, rare and other elements, useful components

Промышленные запасы Ерковецкого месторождения составляют 488 млн. т. Угли бурые марки Б2, средней степени углефикации класса гелитолитов. Теплота сгорания: высшая – 6200–6400 ккал/кг, низшая – 2955–3100 ккал/кг. Они рассматриваются не только в качестве важнейшего топливно-энергетического ресурса Амурской области, но и как сырье для химической переработки и получения промышленных концентратов редких элементов и благородных металлов, содержание которых в золошлаковых отходах (ЗШО) возрастает в несколько раз. Технологии переработки ЗШО и их использование в основном сводятся к применению в строительстве, при этом мало учитывается возможность получения из ЗШО как полезных и ценных продуктов, так и очистка их от токсичных и вредных составляющих [1, 2]. Сложность переработки связана с разнообразием состава ЗШО, поэтому технология должна разрабатываться под конкретное месторождение.

Хорошие результаты получаются при твердофазным спеканием ЗШО с гидродифторидом (NH_4HF_2), которое позволяет поэтапно извлекать компоненты из вышеуказанного сырья при значительном уменьшении материальных и энергетических затрат [3-6]. При фторидно-аммониевом обогащении с возгонов отсутствие образования отходов является значительным преимуществом, что положительно влияет на экологию и экономику процесса, исключает затраты на хранение и утилизацию «хвостов», образующихся при классических методах обогащения.

Целью исследований было определение закономерности физико-химических процессов, протекающих при обогащении ЗШО, выявление особенностей распределения полезных компонентов, а также разработка эффективной технологии их комплексного извлечения.

Сырьем для проведения экспериментов послужили шлаки и продукты очистки дымовых газов, полученные на Экспериментальном технологическом комплексе «Амур» (ЭТК «Амур»), который позволяет разделить их еще в процессе сжигания [7]. Комплекс позволяет проследить закономерность какие отходы, их вещественный состав, образуются на каждом этапе работы ТЭЦ. Это упрощает технологию переработки и одновременно позволяет получить концентрат, пригодный для извлечения редких элементов и иных ценных составляющих. С помощью ЭТК «Амур» изучены шлаки Ерковецкого месторождения, представляющие составную часть смеси, сжигаемой на Благовещенской ТЭЦ. Из продуктов сжигания (ПС) были отобраны две пробы шлаков весом по 2.0 кг каждая для определения содержания редких и других элементов, благородных металлов (БМ) и проведения экспериментов по разработке технологии получения других видов ценного минерального сырья.

Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись шлаки (образец 11.6 – легкий осадок от технологической воды (ОТВ) и 10.6 – легкая фракция шлака после обогащения) после сжигания углей Ерковецкого месторождения состава, мас. %:

11.6 – SiO_2 – 46.62; Al_2O_3 – 17.46; Fe_2O_3 – 14.90; TiO_2 – 1.02; CaO – 5.18; MgO – 0.58; MnO – 0.27; Na_2O – 0.22; K_2O – 0.72; P_2O_5 – 0.08; п.п.п. – 12.42;

10.6 – SiO₂ – 52.48; Al₂O₃ – 19.72; Fe₂O₃ – 12.81; TiO₂ – 0.94; CaO – 6.45; MgO – 0.56; MnO – 0.32; Na₂O – 0.24; K₂O – 0.81; P₂O₅ – 0.02; п.п.п. – 20.90.

Перед экспериментальными работами были проведены расчеты термодинамически вероятного направления протекания химических реакций комплексной переработки исходного сырья, с использованием данных [8], которые показывают, что реакции идут в сторону образования конечных продуктов (табл. 1).

Таблица 1

Расчетные значения изменения энергии Гиббса (ΔG , кДж) для химических реакций комплексной переработки шлама из легкого осадка техногенной воды.

№№	ΔG°_T , кДж при T, °C						
	25	100	200	300	400	500	600
1	$SiO_2 + 3NH_4HF_2 = (NH_4)_2SiF_6 + 2H_2O\uparrow + NH_3\uparrow$						
	-24.1	-58.6	-104.7	-150.8	-196.9	-243.0	-289.1
2	$Al_2O_3 + 6NH_4HF_2 = 2(NH_4)_3AlF_6 + 3H_2O\uparrow$						
	-295.0	-293.5	-291.5	-289.5	-287.5	-285.5	-283.5
3	$Na_2O + NH_4HF_2 = 2NaF + H_2O\uparrow + NH_3\uparrow$						
	-282.7	-304.6	-333.8	-363.0	-392.2	-421.4	-450.6
4	$K_2O + NH_4HF_2 = 2KF + H_2O\uparrow + NH_3\uparrow$						
	-346.0	-368.9	-399.4	-429.9	-460.4	-490.9	-521.4
5	$Fe_2O_3 + 3NH_4HF_2 = 2(NH_4)_3FeF_6 + 3H_2O\uparrow$						
	28	-39.8	-130.2	-220.6	-311.0	-401.4	-491.8
6	$CaO + NH_4HF_2 = CaF_2 + H_2O\uparrow + NH_3\uparrow$						
	-157.9	-180.2	-208.8	-239.5	-268.1	-298.9	-361.3
7	$(NH_4)_3AlF_6 = AlF_3 + 3NH_3\uparrow + 3HF\uparrow$						
	262.0	180.7	72.3	-36.1	-144.5	-252.2	-464.3
8	$(NH_4)_3FeF_6 = FeF_3 + 3NH_3\uparrow + 3HF\uparrow$						
	461.0	380.3	272.7	165.1	57.5	-50.1	-157.7
9	$AlF_3 + 3NH_4HF_2 = (NH_4)_3AlF_6 + 3HF\uparrow$						
	17.0	3.0	-16.0	-35.0	-54.0	-72.0	-91.0
10	$FeF_3 + 3NH_4HF_2 = (NH_4)_3FeF_6 + 3HF\uparrow$						
	-182.0	-196.7	-216.3	-235.9	-255.5	-275.1	-294.7
11	$(NH_4)_2SiF_6 + 4NH_4OH = SiO_2\downarrow + 6NH_4F + 2H_2O$						
	-48.7	-19.1	20.3	59.7	99.2	138.6	217.5
12	$(NH_4)_3AlF_6 + 3NH_4OH = Al(OH)_3\downarrow + 6NH_4F$						
	-43.0	-71.1	-108.5	-145.9	-183.3	-220.7	-258.1
13	$2(NH_4)_3FeF_6 + 3H_2O = Fe_2O_3 + 6NH_3\uparrow + 12HF\uparrow$						
	797.3	608.4	356.5	104.6	-147.3	-399.2	-651.1
14	$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$						
	-40.0	-13.0	22.1	58.01	94.2	129.3	165.4
15	$2FeCl_3 + 6NH_4OH = Fe_2O_3\downarrow + 6NH_4Cl + 3H_2O$						
	-520.0	-528.0	-539.0	-551.0	-562.0	-573.0	-585.0
16	$NH_3 + H_2O = NH_4OH$						
	-9.6	-3.4	4.9	13.2	21.5	29.8	38.1
17	$NH_3 + HF = NH_4F$						
	-93.0	-61.2	-18.8	23.6	66.0	108.4	150.8
18	$2NH_4F = NH_4HF_2 + NH_3\uparrow$						
	0.5	-12.0	-28.7	-45.4	-62.1	-78.8	-95.5
19	$NH_4Cl = HCl\uparrow + NH_3\uparrow$						
	93.0	72.1	42.9	15.0	-13.1	-42.2	-70.3

Изменения энергии Гиббса в ходе реакций равны разности изменения энергий Гиббса образования продуктов реакции и исходных веществ и описываются формулой:

$$\Delta G_T^0 = \sum_{\text{прод.}} k_{\text{прод. } j} (\Delta G_{f,298}^0 - S_{298}^0(T - 298)) - \sum_{\text{исх.}} k_{\text{исх. } i} (\Delta G_{f,298}^0 - S_{298}^0(T - 298)), \quad (1)$$

где ΔG_T^0 — изменения энергии Гиббса в ходе реакции при температуре T и давлении 105 Па, Дж; $([\Delta G_{f,298}^0])_j$ и $([\Delta G_{f,298}^0])_i$ — изменения термодинамического потенциала Гиббса в ходе образования j-го продукта и i-го исходного вещества,

соответственно, из простых веществ в стандартных условиях Дж/моль; $[(S_{(298)^0})]_j$ и $[(S_{298^0})]_i$ — значения энтропии j -го продукта и i -го исходного вещества, соответственно, при стандартных условиях, Дж/(моль·К); $k_{\text{прод. } j}$, $k_{\text{кисх. } i}$ — стехиометрические коэффициенты j -го продукта и i -го исходного вещества, моль; T — абсолютная температура, К.

При вычислениях топкикинетики фторирования и сублимации применялся параметрический регрессионный и корреляционный анализы. Результаты вычислений топкикинетики фторирования представлены в таблице 2. Реакция зависит от времени по степенному закону, энергия активации и $E_A=6,5$ Дж/моль. Реакция лимитируется диффузией. Сублимация спека ОТВ 11.6 при температурах 350 °С и 450 °С подчиняется уравнению сжимающегося объема, $E_A=0,7$ кДж/моль, а при температуре 550 °С – уравнению трехмерной диффузии, $E_A=1,5$ кДж/моль. Реакция лимитируется диффузией.

Таблица 2

Результаты расчетов реакций спекания и сублимации образца 11.6.

Реакция	Спекание				Сублимация		
	100	150	175	200	350	450	550
Температура, °С							
Константа скорости, мин ⁻¹	0,002491	0,002791	0,003579	0,003825	0,019234	0,020755	0,003921
Энергия активации, кДж/моль	6,5				0,7		1,5
Уравнение реакции	Степенной закон				Уравнение сжимающегося объема		Трехмерная диффузия
Зона реакции	Диффузионная				Диффузионная		

Результаты вычислений кинетики фторирования образца 10.6 приведены в таблице 3. Реакция зависит от времени по степенному закону, $E_A=12,5$ кДж/моль. Реакция лимитируется диффузией. Сублимация спека образца 10.6, как следует из таблицы 2, соответствует уравнению трехмерной диффузии, $E_A=3,1$ кДж/моль. Реакция испытывает диффузионное торможение.

Таблица 3

Результаты расчетов реакций спекания и сублимации образца 10.6.

Реакция	Спекание			Сублимация		
	150	175	198	350	450	550
Температура, °С						
Константа скорости, мин ⁻¹	0,002733	0,002939	0,003965	0,003281	0,003699	0,003875
Энергия активации, кДж/моль	12,5			3,1		
Уравнение реакции	Степенной закон			Уравнение трехмерной диффузии		
Зона реакции	Диффузионная			Диффузионная		

Комплексную переработку шлаков ЭТК «Амур» проводили поэтапно: истирание, спекание с реагентом, сублимация, гидролиз, выщелачивание, восстановление реагентов, кальцинация, которые обеспечивали практически безотходный технологический процесс. Техника и методика исследований подробно описаны в [9].

На рентгенограммах ОТВ 11.6 и шлака 10.6 идентифицируются фазы магнетита (Fe_3O_4), кварца (SiO_2) и анортита ($CaAl_2Si_2O_8$), в их спеках с реагентами фиксируются смеси гексафторосиликата ($(NH_4)_2SiF_6$), гексафтороалюмината ($(NH_4)_3AlF_6$) и гексафтороферрата ($(NH_4)_3FeF_6$) аммония. Полученные в оптимальных условиях спеки (200 °С, 3 ч) разделяли сублимацией (1-3 ч) на $(NH_4)_2SiF_6$ и нелетучий остаток. После выдержки (1 час) остаток состоял из фторидов алюминия, железа и фтороалюмината кальция ($CaAlF_5$), через 3 часа фторид железа перешел в гематит (Fe_2O_3), фтороалюминат кальция и фториды щелочных

металлов не подвергаются сублимации и остаются в нелетучем остатке. При термической обработке осуществляются реакции 6-8.

Результаты исследования и их обсуждение

По данным *icp-ms* анализов, в шлаке из легкого ОТВ (11.6) наблюдается повышенное содержание редких элементов, для классификации использованы данные [10]. В исходном образце обнаружено (г/т): редкоземельных элементов – 248.4, легких – 680.87, рассеянных – 135.77, радиоактивных – 11.79, благородных (Ag) – не определялось, черных (Cr) – 35.74, цветных – 207.77, щелочноземельных (Ba) – 1493.74, тугоплавких – 193.43, тяжелых (Hg) – не определялась. В процессе фторидно-аммониевого обогащения концентрация редких и других элементов увеличивается в остатке от 1.12 (Zn) до 10.3 (Pb) раз, в среднем 2.54 раза. Всего в исходном шлаке содержится 3012.5 г/т редких и других элементов, после обогащения их содержание увеличивается до 7639.12 г/т, в том числе в остатке содержится 441.56 г/т редкоземельных элементов. Промышленная концентрация (ПК) редкоземельных элементов составляет 440 г/т. Летучий компонент и аморфный кремнезем обеднены редкими и другими элементами и содержат 285.9 и 179.3 г/т соответственно. Коэффициенты распределения $K_r = \text{Сост./Слет.}$ между остатком (Сост.) и летучим компонентом (Слет.) изменяются от 1.922 (Cr) до более 37170 (Nb) раз в пользу остатка, кроме Er (0.379). На рисунке 1а показано распределение редкоземельных элементов между исходным компонентом, остатком, летучим компонентом и аморфным кремнеземом. В исходном угле концентрация редкоземельных элементов составляет 44.93 г/т.

Данные *icp-ms* анализов для шлака 10.6 также имеют повышенные содержания редких элементов. В исходном образце обнаружено (г/т): редкоземельных элементов – 311.5, легких – 968.6, рассеянных – 144.48, радиоактивных – 37.86, благородных – 3.89, черных – 2484.18, цветных – 228.8, щелочноземельных – 2490.92, тугоплавких – 426.12, тяжелых (Hg) – 0.28. В процессе фторидно-аммониевого обогащения концентрация редких и других элементов увеличивается в остатке от 1.20 (Tm) до 3461.56 (Mn), в среднем 1.15

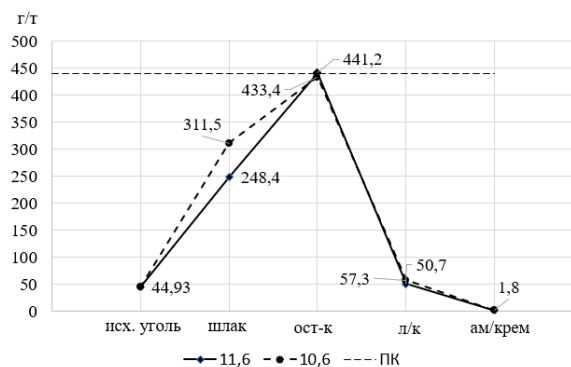


Рисунок 1. Распределение редкоземельных элементов (г/т) в продуктах обогащения золошлаковых отходов: а – ОТВ (11.6) и б – шлак (10.6).

раза. Всего в исходном шлаке содержится 7096.6 г/т редких и других элементов, после обогащения их содержание в остатке увеличивается до 8133.74 г/т. Летучий компонент и аморфный кремнезем обеднены редкими и другими элементами и содержат 308.98 и 181.39 г/т соответственно. На рисунке 1б показано распределение редких элементов между соответствующими фазами, которые менее контрастны по отношению к исходному образцу 11.6.

В результате проведенных исследований разработана малоотходная технологическая схема (рис. 2) Были рассчитаны материальный баланс и расходные коэффициенты для всех химических соединений, участвующих в реакциях комплексной переработки шлаков. Применяемые дополнительные компоненты легко восстанавливаются, что позволяет многократно использовать их в технологическом процессе с применением замкнутого цикла оборотной воды. Твердые, жидкие и газообразные «хвосты» практически

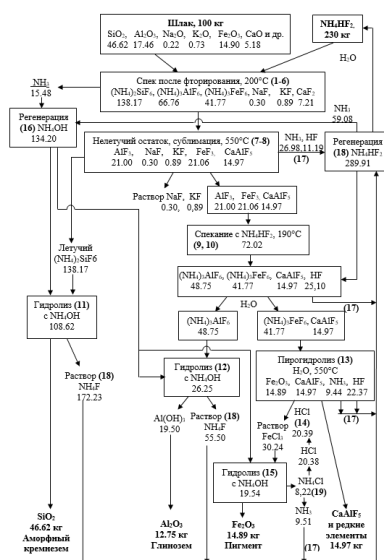


Рисунок 2. Технологическая схема материальных потоков при комплексной переработке шлака 11.6 из легкого ОТВ.

отсутствуют. Разработанная схема показывает материальные потоки, где теоретически можно регенерировать 95.12 % гидрофторида аммония, 95.5 % аммиачной воды и до 100 % соляной кислоты.

При комплексной переработке 100 кг ОТВ 11.6 теоретически образуется 46.62 кг аморфного кремнезема, 12.75 кг глинозема (степень извлечения 73.02 %), 14.89 кг красного железоксидного пигмента, 14.97 кг фтороалюмината кальция (концентрата редких элементов) и другие полезные компоненты — гексафторосиликат аммония, фториды натрия и калия, которые используются в различных отраслях промышленности. Следует отметить, что при переработке электромагнитной фракции золы из золоотвала Благовещенской ТЭЦ, теоретическая степень извлечения Al_2O_3 достигала 100 % с регенерацией дополнительных компонентов до 100 % [11]. По аналогичной схеме осуществлялась переработка шлака 10.6 при этом возможна регенерация 72 % гидрофторида аммония и до 100 % соляной кислоты и аммиачной воды. При переработке 100 кг шлака 10.6 теоретически образуется 52.48 кг аморфного кремнезема, 13.25 кг красного железоксидного пигмента и 41.45 кг концентрата $CaAlF_5$ с редкими элементами. Исходный состав, характеризующий повышенным содержанием кальция в виде анортита ($CaAl_2Si_2O_8$), препятствует образованию глинозема и способствует получению $CaAlF_5$, который возможно переработать в Al_2O_3 и CaF_2 .

Выводы

Из шлаков, образующихся после сжигания углей Ерковецкого месторождения на ЭТК «Амур», фторидно-аммониевой переработкой при температурах 100-550 °С получены следующие товарные продукты: гексафторосиликат аммония, аморфный диоксид кремния, глинозем, красный железоксидный пигмент.

Нерастворимый остаток, содержащий фторид кальция и концентрат редкоземельных и других элементов, может служить сырьем для их дальнейшего извлечения. Определены особенности распределения редких элементов в процессе обогащения продуктов под действием фторидов аммония, аммиачной воды и раствора соляной кислоты.

Проведены расчеты кинетики топочимических реакций в технологической цепочке переработки шлаков.

Разработана малоотходная эффективная инновационная технология физико-химической переработки шлаков после сжигания углей Ерковецкого месторождения с комплексным получением различных полезных компонентов, редких и других элементов.

1. Сорокин А. П., Конюшок А. А. Распределение редких металлов и редкоземельных элементов в бурогольных месторождениях Верхнего и Среднего Приамурья // ДАН. – 2018. – № 6. – С. 658 – 661.
2. Римкевич В. С., Сорокин А. П., Пушкин А. А., Гиренко И. В. Физико-химические исследования распределения полезных компонентов в техногенных отходах предприятий теплоэнергетики // ФТПРПИ. — 2020. — № 3. — С. 152 – 165.

3. Римкевич В. С., Пушкин А. А., Маловицкий Ю.Н., Еранская Т.Ю., Гиренко И.В. Комплексная переработка каолиновых концентратов способом фторидной металлургии // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. — 2010. — № 2. — С. 29 – 36.
4. Wang W., Lu P., Han L., Zhang C., Su R., Yang C., Chen J. Diffusion behavior of ammonium group and its interaction mechanisms with intrinsic defects in fused silica // Applied Physics A: Materials Science & Processing. – 2016, – Vol.122, – no 10, – pp. 929-937.
5. Shimizu K., Driver G.W., Lusas M., Sparrman T., Shchukarev A., Boily J.-F. Bifluoride ([HF₂]⁻) formation at the fluoridated aluminium hydroxide/water interface // Dalton Transactions. – 2016, – Vol. 45, – no 22, – pp. 9045-9050.
6. Римкевич В.С., Сорокин А.П., Пушкин А.А., Гиренко И.В. Технология комплексной переработки кальцийсодержащего алюмосиликатного сырья // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2017. – № 4. – С. 165-174.
7. Сорокин А.П., Агеев О.А. Устройство для получения отдельных продуктов сгорания углей. Патент 2699642 РФ // БИ. – 2019. – Т. 324, – № 25.
8. Лидин Р. А., Андреева Л. П., Молочко В. А. Справочник по неорганической химии. – М.: Химия, 1987. 320 с.
9. Римкевич В. С., Сорокин А. П., Пушкин А. А., Гиренко И. В. Сравнительные характеристики фторидно-аммонийной технологии по обогащению различных типов золошлакового сырья с извлечением рудных микрокомпонентов // ФТПРПИ. 2022. № 3. С. 126-135.
10. Карелин В.А., Карелин А.И. Фторидная технология переработки концентратов редких металлов. – Томск: НТЛ, – 2002. – 184 с.
11. Римкевич В.С., Пушкин А.А., Гиренко И.В. Технология комплексной переработки золошлаковых отходов // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 71, Ч 1, С. 131-136.

Чернова Т.Т., Осипов А.В.

Выветривание как процесс разрушения почвообразующих минералов

*Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т.Трубилина
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-294

Аннотация

В этой статье описывается процесс выветривания, которым разрушаются порообразующие первичные минералы (оливин, пироксены, амфиболы, полевые шпаты, слюды и хлориты).

Ключевые слова: выветривание, геологический цикл, почва, атмосфера, минералы.

Abstract

This article describes the weathering process that destroys rock-forming primary minerals (olivine, pyroxenes, amphiboles, feldspar, micas and chlorites).

Keywords: weathering, olivine, pyroxene, amphibole, feldspar, biotite, moskvich, chlorite, earth, saprolite.

Выветривание - это фундаментальный процесс в геологическом цикле, который следует рассматривать как не менее важный, чем процессы метаморфизма, вулканизма, диагенеза, эрозии и т.д., которые гораздо более широко изучаются в большинстве областей науки о Земле. Действительно, можно было бы привести доводы в пользу того, что выветривание полезных ископаемых следует рассматривать как наиболее важный процесс в геологическом цикле, поскольку он самым непосредственным образом влияет на живой мир в целом и на жизнь человека в частности.

Таким образом, погодные условия ответственны за формирование почвы, от которых в конечном счете зависит почти вся земная жизнь, зависит и играет центральную роль в поддержании плодородия почвы, обеспечивая ее многими питательными веществами, которые позволяют растениям расти.

Опять же, в последнее время стало ясно, что выветривание минералов действует как защита от различных экологических угроз, которые представляют непосредственный интерес для человека. Например, воздействие кислотных отложений на земную среду в значительной степени определяется содержанием основных минералов в почве. Если почва содержит мало полезных для атмосферных воздействий минералов, то поступающие кислотные осадки из атмосферы не будут нейтрализованы основными катионами почвенных минералов, и произойдет подкисление почвы, что приведет к нежелательным изменениям в наземной экосистеме, зависящей от почвы. Кроме того, эта кислотность в виде растворенных протонированных ионов алюминия может затем переноситься из почвы в поверхностные воды, что, в свою очередь, вызывает их подкисление и приводит к нежелательному воздействию на

водную экосистему. С другой стороны, почва может быть нечувствительна к воздействию кислотных отложений, поскольку она содержит достаточный запас устойчивых к атмосферным воздействиям основных минералов и способна эффективно нейтрализовать поступающую кислотность.

Таким образом, минералогия и скорость выветривания имеют решающее значение для определения того, чувствительна ли почва к атмосферным воздействиям. последствия кислотного осаждения из атмосферы. Это было учтено при применении концепции критических нагрузок к последствиям кислотного осаждения и в настоящее время является основой для определения допустимых пределов выбросов кислот в атмосферу во многих странах.

Выветривание полезных ископаемых также помогает защитить окружающую среду, прямо или косвенно, от множества других угроз. Это имеет непосредственное значение, например, в решении проблемы изменения климата, безусловно, в геологическом масштабе времени. Таким образом, была предложена прямая зависимость с отрицательной обратной связью между повышением уровня CO₂ в атмосфере и скоростью выветривания силикатных минералов, содержащих кальций, таких как плагиоклазовые полевые шпаты, пироксены и амфиболы. Повышение температуры поверхности Земли в результате парникового эффекта более высоких атмосферных температур Уровень CO₂ также приведет к ускорению процессов выветривания из-за увеличения количества осадков и стока воды, при этом удаленный кальций преобразуется в CaCO₃ в результате реакции с CO₂ в атмосфере, что является эффективным поглотителем этого газа. В этих условиях долгосрочный эффект геохимического выветривания заключается в стабилизации глобальных приземных температур.

Выветривание минералов может также оказывать косвенное защитное воздействие на окружающую среду. Например, некоторые тяжелые металлы и радиоактивные элементы могут преимущественно адсорбироваться или закрепляться в почве определенными глинистыми или железоксидными минералами, которые сами по себе являются продуктами первичного выветривания минералов. Таким образом, эти загрязняющие вещества становятся менее доступными для поглощения растениями или препятствуют их распространению в окружающей среде. Опять же, органические загрязнители могут адсорбироваться на поверхности глинистых минералов, после чего они могут быть расщеплены до более безвредных соединений с помощью микробиологической активности.

Помимо важности выветривания для жизни, этот процесс занимает уникальное место в геологическом цикле, поскольку он находится на стыке атмосферы, гидросферы и биосферы. Более того, как будет показано ниже, сама жизнь является важным фактором выветривания полезных ископаемых. Кроме того, выветривание может происходить на любой стадии геологического цикла, что приводит к короткому замыканию цикла в целом. Таким образом, в зависимости от времени подъема на поверхность Земли, выветривание может начаться непосредственно после осаждения осадочных пород, диагенез, метаморфизм, интрузия плутонических пород или экструзия вулканических пород. Очевидно, что на состав осадочных пород будет оказывать сильное влияние.

Таким образом, очевидно, что выветривание полезных ископаемых является процессом, имеющим первостепенное значение для наук о земле, а также для сельского хозяйства и экологии, с самых разных точек зрения. В последние десятилетия это стало осознаваться гораздо шире, о чем свидетельствует огромный всплеск исследовательской деятельности и увеличение объема научной литературы, посвященной атмосферным воздействиям. В частности, была проведена большая работа по детальному изучению механизмов первичного выветривания минералов, продуктов, образующихся в результате такого выветривания, и скоростей, с которыми протекает этот процесс.

1. Геология с основами геоморфологии / В. Н. Слюсарев, А. В. Осипов, С. А. Тешева, В. С. Цховребов. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – 259 с
2. Буданцев П. Б. Породообразующие минералы: метод. разработки для студентов / П. Б. Буданцев, М. Н. Тарасенко, Е. В. Морозова. - Воронеж: Воронеж. госагроуниверситет, 2006. - 45 с.
3. Ганжара Н. Ф. Геология с основами геоморфологии: учеб. пособие / Н. Ф. Ганжара. - М.: ИНФРА-М, 2015. - 207 с.
4. Горбунов Н. И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения / Н. И. Горбунов. - М.: Изд-во АН СССР, 1963.

РАЗДЕЛ XXVI. ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Гриднев А.Н., Агаширинов Р.О.

Математическое моделирование ореола обитания ели Глена в условиях юга
Сахалинской области*Приморский государственный аграрно-технологический университет
(Россия, Уссурийск)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-295

Аннотация

В статье предложен небольшой обзор основных математических моделей. Вечнозеленое хвойное дерево с широкояйцевидной кроной до 20 м выс. Кора красновато-бурая, отслаивающаяся тонкими пластинками. В России встречается только на территории Сахалинской области.

Ключевые слова: Ель Глена, ствол, факторы, модель

Abstract

The article offers a short overview of the main mathematical models.

The bark is reddish-brown, peeling off in thin plates. In swampy areas, it can take root with lower branches. In Russia, it is found only on the territory of the Sakhalin region.

Keywords: Glen spruce, trunk, factors, model.

Существует большой класс биологических объектов, взаимодействие между которыми определяется их размещением в пространстве или на плоскости, т. е. геометрической структурой популяции. Таковы все растительные популяции, состоящие из объектов, неподвижных относительно внешней среды, поставляющей им необходимые продукты и энергию для жизнедеятельности. Отметим основные особенности описания таких объектов. Важную роль играет двумерность моделей, т. е. то, что вся совокупность изучаемых объектов неподвижно расположена на плоскости. Модели являются вероятностными, так как естественное заселение территории растениями происходит случайным образом, это сразу же приводит к неравномерности обеспечения особей ресурсами. Динамика моделируемых популяций должна определяться структурой взаимного размещения особей и их индивидуальными свойствами. Эти особенности усложняют математическую сторону проблемы и, вообще говоря, приводят к большим трудностям при ее исследовании аналитическими методами.

Участок елово-пихтового леса с преобладанием ели Глена, занесенной в Красную книгу Российской Федерации и Красную книгу Сахалинской области. Режим особой охраны.

Чтобы сохранить этот редкий вид, были определены координаты каждого дерева на площадке, построена карта, и в дальнейшем этот участок леса не был затронут строительством. Остались нетронутыми и ивово-ольховые заросли и покрытые травой поляны в долине ручья Голубой, и здесь, на производственной территории, японские бекасы продолжают выводить свое потомство.

Моделирование для исследования готовых объектов обычно проводится в виде организации эксперимента, обработки полученных экспериментальных данных, планирования эксперимента, позволяющего наглядно интерпретировать результаты (получить аналитическую зависимость описывающую, поведение системы при изменении параметров).

Дерево в модели представлено виде двух цилиндров: крона и ствол. Для дерева характерны высота – H и толщина ствола D . Эти две переменные связаны жестко соотношением

$$H = H_1 \left(1 - \exp\left(-\frac{H_2}{H_1} D\right) \right) \quad (1)$$

$H_{1,2}$ – параметры зависящие от вида популяции.

$$\text{Ширина и высота кроны связаны соотношением : } R = C_1 d^a \quad (2)$$

C, a – параметры популяции. В конечном результате, каждое дерево характеризуется одной независимой (эндогенной) переменной.

Лесные экосистемы (геобиоценозы) крайне сложны, если рассматривать их разносторонне с учётом всех факторов: географических, биологических, гидрологических, климатических и пр.

Австралийский лесовед-эколог Ландсберг описывал моделирование: «Это аксиома, что любая модель, задуманная как инструмент управления, должна быть максимально простой. Количество параметров должно быть сокращено до минимума, соизмеримого с существенными особенностями проблемы и реалистичными ответами на анализируемые переменные. Сложные, многопараметрические модели, как правило, остаются в качестве инструментов исследования в научном сообществе, и даже там они, чаще всего, используются только их создателями и, возможно, небольшим кругом коллег. Также важно, чтобы модели были сбалансированы; например, не представляется оправданным рассчитывать фотосинтез на уровне листа с точки зрения концентраций ферментов в моделях, предназначенных для применения в региональном или даже глобальном масштабе».[3] Модели А.В. Тузинкевич [6] и Кахъямы [2], описывающие динамику мозаичного леса, динамику образования окон (gap'ов) и восстановление растительности в них, т. е. сукцессию.

Модель Кахъямы: густь $f(t, a, x)$ — плотность деревьев на единицу площади леса размером x (диаметр D ствола на уровне груди, рост H или любой другой размер) с возрастом a древостоя участка в момент времени t .

Плотность деревьев $f(t, a, x)$ определяется для каждого участка леса. Зависящее от времени изменение $f(t, a, x)$ описывается демографическими процессами, а именно ростом размера дерева, гибелью и воспроизводством деревьев, старением участков леса и образованием окон (gap), а также перемещением по различным географическим местоположениям посредством разноса семян.

Определим $G(t, a, x)$ как скорость роста деревьев размера x ; $\gamma(a)$ — как скорость образования окна (gap) (или уровень смертности участка возраста a , который возрождается на участке с исходным возрастом 0), $\mu(t, a, x)$ — как смертность деревьев размера x в древостое возраста a вне зависимости от событий образования прогалин (окон, gap), а $R(t, l)$ — скорость производства зрелых семян материнскими деревьями в меняющемся ландшафте участков леса в момент t .

Динамика популяций деревьев со структурой мозаики моделируется уравнением [3]:

$$\frac{\partial f(t, a, x)}{\partial t} = -\frac{\partial G(t, a, x)f(t, a, x)}{\partial x} - \frac{\partial f(t, a, x)}{\partial a} - \gamma(a)f(t, a, x) - \mu(t, a, x)f(t, a, x) \quad (3)$$

Зависимость распределения f от времени t позволяет описывать перемещение окон (shifting-gap mosaic) в лесной экосистеме.

Таблица 1

Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев темнохвойных лесов памятника природы.

№ описания	Название лесного ценоза	Ярус	Состав древостоя**	Средние			Полнота
				Высота, м	Диаметр, см	Возраст, лет	
3	Ельник бамбучниковый	I	5Ег4Еа1Пс ед. Бк	22	42	110	0,90
4	Пихтово-еловый бамбучниковый	I	4Пс3,5Ег2Еа0,5Бк	22	36	90	0,80
11	Ельник бамбучниковый	I	4Ег3Еа2Пс	21	42	120	0,95

			<i>1Бк ед. Рб</i>				
12	<i>Ельник с курильским бамбуком</i>	<i>I</i>	<i>7Ег1Еа2Пс</i>	23	46	130	0,90
16	<i>Елово-пихтовый бамбучниковый</i>	<i>I</i>	<i>4Пс4Еа1Ег 1Бк ед. Рб</i>	20	34	100	0,50
		<i>II</i>	<i>6Пс3Еа1Бк ед. Т, Рб</i>	15	18	75	0,25
21	<i>Ельник из ели Глена с курильским бамбуком</i>	<i>I</i>	<i>8Ег2Пс ед. Бк</i>	12	16	80	0,85
22	<i>Ельник из ели Глена бамбучниковый</i>	<i>I</i>	<i>9Ег1Еа + Рб</i>	22	44	110	0,70
		<i>II</i>	<i>8Ег1Еа1Пс +Бк</i>	16	20	70	0,30
29	<i>Ельник из ели Глена с курильским бамбуком</i>	<i>I</i>	<i>9Ег1Пс ед. Еа</i>	14	16	80	0,75
31	<i>Чистый ельник из ели Глена с курильским бамбуком</i>	<i>I</i>	<i>10Е ед. ЕаПсБк</i>	21	38	110	0,90
32	<i>Ельник из ели Глена зеленомошно- бамбучниковый</i>	<i>I</i>	<i>9Ег1Бк ед. ЕаРб</i>	18	30	100	0,90

При характеристике состава древостоя приняты следующие обозначения: Еа – ель аянская; Пс – пихта сахалинская; Ег – ель Глена; Бк – береза Эрмана; Рб – рябина смешанная; Т – тис остроконечный

Для вероятностного описания распространения семян мы использовали распределение Вейбуля.

$$A = \frac{1}{N} \left(\frac{d}{100} \right)^2 \exp(-R_1 X^3) \quad (4)$$

N – нормировка, R_2 – параметр популяции, X – расстояние от родительского дерева.

Как видно из формулы (4), вероятность сильно зависит от размера индивида и быстро уменьшается с уменьшением расстояния.

После нахождения распределения освещенности местности для каждого дерева определяется скорость его роста на этот год, прирост, также проверяется – не должно ли дерево погибнуть на этом шаге по времени, а для взрослых растений вычисляется еще и функция распределения для производимых семян.

Следующим шагом является вычисление вероятности гибели дерева, которая сильно зависит от того, как быстро растет дерево – для хорошо растущих деревьев она меньше:

$$D = m_1 \exp(-m_2 G), \quad (5)$$

m_1 – смертность при нулевом росте, m_2 – смертность от света. На каждом шаге по времени для деревьев генерируются случайные числа в соответствии с распределением (5). Если дерево погибает, то оно удаляется из популяции. Эффектами влияния завалов из погибших деревьев пренебрегаем. Для старых деревьев предусматривается некоторое ускорение их смертности. Самым высоким деревом в конкурирующей тройке является сосна – достигает до 40 метров в высоту. Береза вырастает до 20–25 метров, ель – до 15–20 метров. Более высокие деревья, такие как сосны, имеют преимущество в конкуренции. Заслоня своей кроной молодняк, они препятствуют его росту. необходимость в солнечном свете у разных пород деревьев разная и это несколько уравнивает шансы. В тройке ель–береза–сосна наиболее восприимчивой к свету является береза, а ель, наоборот, любит расти в тени. Поэтому ельник легко поднимается в тени березы, но когда он вырастает, то перекрывает возможности роста для первой. Сосна имеет промежуточные показатели – ей трудно подняться в тени, но если уж она поднялась, то из-за своей высоты сосна вне конкуренции. Самой короткоживущей является береза – 60–80 лет. Ель в нормальных условиях живет до 250 лет, сосна – до 400 лет.

Сосна имеет наибольший радиус распространения, но приживаемость семян самая низкая. В целом в тройке ель–сосна–береза первая популяция является эдификатором, т.е. именно этот вид древесины определяет правила игры. Ельник легко растет в тени других деревьев, поднявшись, подавляет остальных. Однако ель не может расти сама по себе – ей всегда нужен спутник, так как молодые ели плохо переносят солнечный свет. Поэтому сценарий зарастания пустошей происходит следующим образом: сначала распространяются береза и сосна, а затем в их тени поднимается ель.

Первая пробная площадь заложена на небольшом плато – вершине сопки, с небольшим северным уклоном. Для чистых насаждений более характерны переувлажненные, нередко заболоченные, расположенные у моря, местообитания. Ель Глена произрастает совместно с елью аянской, пихтой сахалинской и лиственницей Каяндера, реже образует чистые насаждения.

1. Kohyama T. Scaling up from shifting-gap mosaic to geographic distribution in the modeling of forest dynamics // *Ecol. Research*. 2005. V. 20. P. 305–312.
2. Kohyama T. Size-Structured Tree Populations in Gap-Dynamic Forest–The Forest Architecture Hypothesis for the Stable Coexistence of Species // *Journal of Ecology*. 1993. V. 81, No. 1. P. 131–143.
3. Landsberg J. Modelling forest ecosystems: state of the art, challenges, and future directions // *Can. J. Forest Research*. 2003. V. 33, Iss. 3. P. 385–397.
4. Власов С. Т. Леса Сахалина / С. Т. Власов. – Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное изд-во, 1959. – 108 с.
5. Дуплищев, И.Т. Объемные таблицы для таксации хвойных молодняков о. Сахалина / И.Т. Дуплищев, И.В. Бушмелев // *Повышение продуктивности 46 лесов Дальнего Востока*. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1974. – Вып.16. – С.46- 5
6. Колобов А.Н., Фрисман Е.Я. Моделирование процессов динамической самоорганизации в пространственно распределённых растительных сообществах // *Математическая биология и биоинформатика*. 2008. Т. 3, № 2. С. 85–102

РАЗДЕЛ XXVII. РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Махонина В.А.

Влияние известкования на гидрохимические показатели водоёма

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста
(Россия, Воровского)

doi: 10.18411/trnio-08-2024-296

Аннотация

В статье приведены результаты исследования влияния негашеной извести на гидрохимические показатели водоёма. Наблюдалось кратковременное поднятие уровня рН и незначительное снижение показателей группы азота. Полученные данные свидетельствуют о том, что применение негашеной извести незначительно влияет на гидрохимические показатели водоёма.

Ключевые слова: известкование, гидрохимические показатели, известь, пруды, кислород, нитраты, нитриты, прудовое хозяйство, загрязнение воды, органические вещества.

Abstract

The article presents the results of a study of the effect of quicklime on the hydrochemical parameters of the reservoir. There was a short-term increase in the pH level and a slight decrease in the nitrogen group. The data obtained indicate that the use of quicklime had a slight effect on the hydrochemical parameters of the experimental reservoir.

Keywords: liming, hydrochemical indicators, lime, ponds, oxygen, nitrates, nitrites, pond farming, water pollution, organic substances.

На сегодняшний день аквакультура – одно из основных стратегически важных направлений сельского хозяйства Российской Федерации [1,2,3,4]. Прудовое рыбоводство является стремительно развивающимся направлением, требующим различных технологических решений. Для увеличения количества выходной продукции и повышения эффективности прудового рыбоводства необходим комплекс мероприятий, таких как: мелиорация прудов, применение удобрений, подбор оптимальных кормов и т.д. [5,6].

Большинство учёных рассматривают известкование как основное санитарно-гигиеническое мероприятие, которое способствует улучшению гидрохимических показателей воды и обогащению воды биогенными элементами [7], а увеличение количества кальция в воде положительно влияет на формирование скелета и нервно-мышечного аппарата у рыб [8].

Известкование снижает количество фитопланктона, тем самым предотвращая массовое развитие сине-зеленых водорослей и «цветение воды» в тёплое время года [9]. Однако побочным эффектом известкования прудов является снижение уровня рН воды, что влияет на общие гидрохимические и гидробиологические показатели [10,11], а это непосредственно сказывается на жизнедеятельности ихтиофауны и естественной кормовой базы [12,13].

Целью данной работы являлось изучение влияния известкования прудов на гидрохимические показатели водоема.

Материал и методы

Исследование проведено на экспериментально-практической базе ВНИИ интегрированного рыбоводства. По принципу аналогов были выбраны два действующих экспериментальных пруда площадью 0,25 га. Оба водоема зимой проходили летование, глубина прудов составляла 1,8 метра.

В опытный пруд вносили известь «Восточные Берники» (Россия), фракция 0,17 – 0,5 мм, из расчета 15 ц/га равномерно распределяли по ложу пруда, контрольный пруд оставался без изменений.

Кислотность почвы контрольного и опытного прудов определяли с помощью рН-метра Аквилон рН-410, уровень кислорода и температуру воды измеряли термооксиметром марки Актacom АТЕ-3012. Гидрохимический анализ воды осуществлялся стандартным набором химических реактивов торговой марки «Нилпа» (Россия).

Для статистической обработки данных использовали программу Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Известкование напрямую влияет на рН воды, поэтому сразу после обработки водоёма наблюдался подъём значений водородного показателя до 8 рН в опытном пруду, однако в дальнейшем это значение снизилось и колебалось на одном уровне с контролем (Рисунок 1).

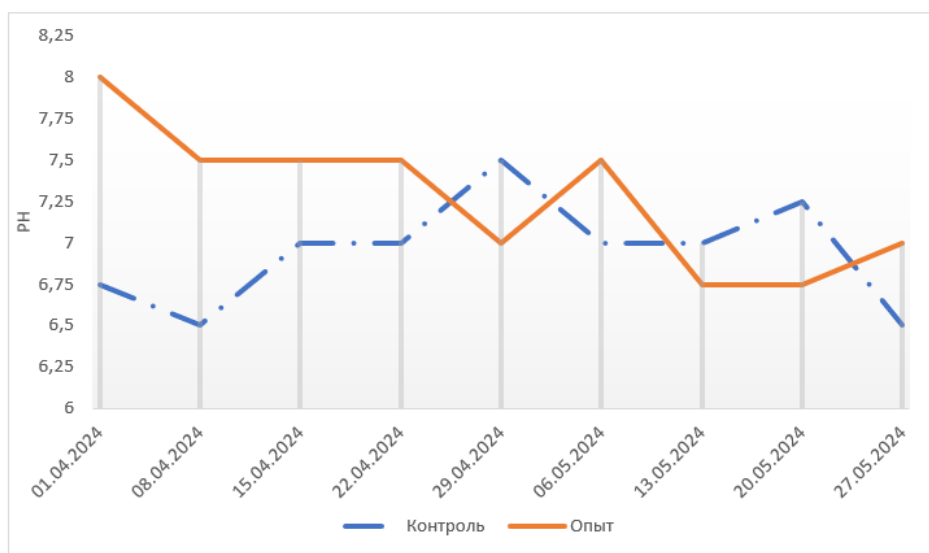


Рисунок 1. Динамика изменений рН в опытном и контрольном пруду.

Результаты гидрохимического анализа в контрольном и опытном прудах представлены в Таблице 1. Концентрации нитритов (NO_2) не превышали нормативные показатели и колебались в пределах $0,02 \pm 0,02$ мг/л в контроле и $0,01 \pm 0,02$ в опытном пруду. Принято считать, что известь осаждает органические вещества, особенно легкоокисляемые, что могло сказаться на снижении количества нитритов в опытном водоеме.

Концентрации нитратного азота (NO_3) в прудах были на уровне 2,0–2,5 мг/л. При предельно допустимой концентрации (ПДК) 5 мг/л количество нитратов не превышало норму. Следует отметить, что указанные концентрации были ниже нормативных величин из-за низкой плотности посадки рыбы в прудах, и, так как ихтионагрузка не превышала норму, количество органических загрязнений было незначительным [14].

Содержание аммиака в воде сохранялось на низком уровне в пределах нормы, в контрольном пруду в среднем составляло до 0,03 мг/л и 0,02 мг/л в опытном, что является несущественным.

Концентрация PO_4 составляла в среднем 0,25 мг/л в контрольном пруду, в опытном — 0,20 мг/л.

Концентрация кислорода в опытном водоеме в среднем находилась в пределах 6,4 мг/л, а в контрольном — около 6,7 мг/л. Незначительное снижение кислорода в опытном пруду может быть обусловлено действием извести на количественный состав фитопланктона, который непосредственно влияет на выработку кислорода.

Уровень содержания железа (Fe) был на уровне 0,75 мг/л в контрольном водоеме, а также на высоком уровне в опытном пруду — 0,8 мг/л. Завышенные концентрации железа связаны с составом грунтовых вод, заполняющих водоемы.

Небольшое количество железа (в пределах от 0,5 до 1,0 мг/л) необходимо для жизни растительных и животных организмов. Являясь биологически активным элементом, железо в определенной степени влияет на интенсивность развития фитопланктона и качественный состав микрофлоры в водоеме [14].

Температурный режим составлял в среднем 19,1°C в контрольном пруду и 19,4°C в опытном.

Таблица 1

Результаты гидрохимического анализа воды.

Показатель	Водоём		ПДК
	1 контрольный	2 опытный	
NO ₂ , мг/л	0,02±0,02	0,01±0,02	0,2
NO ₃ , мг/л	2,5±1,5	2,0±1,4	5
NH ₃ , мг/л	0,03±0,01	0,02±0,01	0,05
PO ₄ , мг/л	0,25±0,02	0,20±0,02	0,5
O ₂ , мл/л	6,7±0,05	6,4±0,06	6
Fe, мг/л	0,75±0,07	0,8±0,06	0,3
pH	6,8±0,03	7,5±0,01	6,5-8,5
Температура, °C	19,1±0,02	19,4±0,02	—

Таким образом, внесение негашеной извести незначительно повлияло на гидрохимические показатели опытного водоема, наблюдалось кратковременное поднятие уровня pH и незначительное снижение показателей группы азота, однако сильных различий обнаружено не было.

1. Тюлин, Д. Ю. Естественная кормовая база прудов Ногинского района Московской области / Д. Ю. Тюлин, И. Е. Липпо, А. В. Бригада // Ветеринария и кормление. – 2023. – № 1. – С. 60-63. – DOI 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2023-1-15. – EDN PSRWZT.
2. Липпо, И. Е. Фауна биофильтра в установке замкнутого водоснабжения / И. Е. Липпо, А. В. Бригада // Ветеринария и кормление. – 2023. – № 4. – С. 55-57. – DOI 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2023-4-16. – EDN MLRIPE.
3. Васильев А.А. Влияние гуминовых кислот кормовой добавки "Reasil Humic Vet" на рост и выживаемость ранней молоди муксуна / А. А. Васильев, И. В. Поддубная, И. А. Китаев, Ю. А. Стуклова // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской федерации : Материалы IV национальной научно-практической конференции, Калининград, 08–10 октября 2019 года. – Калининград: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2019. – С. 56-60. – EDN KVBWWM.
4. Шишанов, Г. А. Оценка продукционных свойств экспериментального корма у молоди русского осетра / Г. А. Шишанов, А. С. Елизарова, А. В. Бригада // Современное состояние и перспективы развития кормопроизводства и рационального кормления животных : сборник научных материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Уфа, 01–02 декабря 2022 года / Министерство сельского хозяйства российской федерации; федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «башкирский государственный аграрный университет» евразийский научно-образовательный центр мирового уровня. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2022. – С. 104-108. – EDN FUMOPV.

5. Лапина, И. А. Применение биогенных элементов в качестве удобрений рыбоводных прудов / И. А. Лапина, А. С. Териков // Новая наука: Современное состояние и пути развития. – 2016. – № 10-2. – С. 249. – EDN WXHMZR.
6. Липпо, И. Е. Сравнительная оценка количественно-качественного состава зооперифитона на поверхности ряски (*Lemna minor*), выращенной в установке замкнутого водоснабжения / И. Е. Липпо // Аграрная наука. – 2024. – № 2. – С. 76-80. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-379-2-76-80. – EDN BВOKKU.
7. Липпо, И. Е. Мониторинг гидрохимических показателей воды при альголизации водоемов / И. Е. Липпо, А. В. Бригида, А. С. Елизарова [и др.] // Ветеринария и кормление. – 2023. – № 6. – С. 31-34. – DOI 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2023-6-7. – EDN EANSR.
8. Мельник, А. Ф. Использование извести в емкостях для очистки воды выростных прудов от органических и минеральных загрязнителей / А. Ф. Мельник, З. А. Стецюк, Н. Г. Михайленко // Рибогосподарська наука України. – 2010. – № 4(14). – С. 69-72. – EDN VRCXJH.
9. Черкалин, А. И. Оценка воздействия альголизации на гидрохимический состав водоема / А. И. Черкалин, А. В. Бригида // Пути повышения эффективности животноводства, рыбоводства и растениеводства на Европейском Севере России : Сборник материалов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 70-летию кафедры зоотехнии Петрозаводского государственного университета, Петрозаводск, 13 декабря 2023 года. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2024. – С. 91-96. – EDN GHMODY.
10. Липпо, И. Е. Состояние мягкого зообентоса и качество воды в прудах Ногинского района Московской области / И. Е. Липпо, Д. Ю. Тюлин, А. В. Бригида, И. А. Китаев // Ветеринария и кормление. – 2023. – № 2. – С. 46-48. – DOI 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2023-2-11. – EDN SKDKQX.
11. Китаев, И.А. Характеристика ихтиофауны, воспроизводящейся в средней зоне Волгоградского водохранилища с 2017 по 2022 гг / И. А. Китаев, Д.Ю. Тюлин, А.В. Бригида, И.Е. Липпо // Ветеринария и кормление. – 2023. – № 2. – С. 29-32. – DOI 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2023-2-7. – EDN AYRHAO.
12. Липпо, И. Е. Фитопланктон в прудах Ногинского района / И. Е. Липпо, Д. Ю. Тюлин, А. В. Бригида // Актуальные проблемы экологии и природопользования: Сборник научных трудов XXIV Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Москва, 20–22 апреля 2023 года. Том 1. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2023. – С. 106-110. – EDN SIGTPY.
13. Тюлин, Д. Ю. Питание верховки (*Leucaspius delineatus* Heckel, 1843) из пруда Ногинского района Московской области в феврале 2023 года / Д. Ю. Тюлин, И. Е. Липпо, А. В. Бригида // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2023. – Т. 17, № 3(206). – С. 168-178. – DOI 10.33920/sel-09-2303-03. – EDN KKTJHV.
14. Колесник, Н. Л. Влияние интенсификационных мероприятий на гидрохимический режим прудов и содержание концентраций тяжелых металлов в воде и мышцах карповых рыб / Н. Л. Колесник // Рибогосподарська наука України. – 2010. – № 3(13). – С. 66-72. – EDN UZDCIB.

РАЗДЕЛ XXVIII. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аль-Этаби А.А.

Методология выбора трещин при численном моделировании эксплуатационных характеристик обводненных скважин со сверхнизкой проницаемостью

*Российский университет дружбы народов
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-297

Научный руководитель: Чекушина Т.В.

Аннотация

Данная статья посвящена разработке и анализу методологии выбора трещин для численного моделирования эксплуатационных характеристик обводненных скважин со сверхнизкой проницаемостью. Текущий прогресс в разработке нефтяных месторождений сосредоточен на коллекторах со сверхнизкой проницаемостью, которые будут введены в эксплуатацию. Результаты экспериментов показывают, что течение жидкости в коллекторах со сверхнизкой проницаемостью больше не подчиняется закону Дарси. Мы исследуем поведение структуры давления при нелинейной зависимости между скоростью потока и градиентом давления. Использование моделирования течения без Дарси при анализе полевых данных о переходных процессах давления / расхода открывает новые возможности для оценки проницаемости и площади дренажа. Полученные результаты показывают, что эффективная площадь дренажа значительно меньше, чем расстояние между скважинами в ячейке системы разработки. Это может привести к принятию решения о заполняющем бурении на участках с низким уклоном [22 с, 25].

Ключевые слова: Обводненная скважина, сверхнизкая проницаемость, трещины, численное моделирование, геометрия, водоприток.

Abstract

This article is devoted to the development and analysis of a crack selection methodology for numerical modeling of the operational characteristics of flooded wells with ultra-low permeability. The current progress in the development of oil fields is focused on ultra-low permeability reservoirs that will be put into operation. The experimental results show that the flow of liquid in reservoirs with ultra-low permeability no longer obeys Darcy's law. We investigate the behavior of the pressure structure with a nonlinear relationship between the flow velocity and the pressure gradient. The use of Darcy-free flow modeling in the analysis of field data on pressure/flow transients opens up new possibilities for assessing permeability and drainage area. The results obtained show that the effective drainage area is significantly smaller than the distance between the wells in the cell of the development system. This may lead to a decision on filling drilling in areas with a low slope [22 с, 25].

Keywords: Flooded well, ultra-low permeability, cracks, numerical modeling, geometry, water inflow.

Введение

Обводненные скважины со сверхнизкой проницаемостью представляют собой сложную геологическую среду, характеризующуюся низкой проницаемостью, высокой степенью гетерогенности и наличием трещиноватости. Для эффективного моделирования и прогнозирования их эксплуатации требуется учет всех этих факторов, в том числе и влияния трещин на фильтрационные характеристики пласта.

Существующие методы моделирования часто не учитывают специфику трещин в сверхнизкопроницаемых пластах, что приводит к неточным прогнозам. В этой статье

предлагается новая методология выбора трещин для численного моделирования, основанная на (указать подход, например, на анализе геологических данных, физическом моделировании, анализе исторических данных) [4].

Численное моделирование водохранилищ

Численное моделирование коллекторов является важным техническим инструментом и базовым инструментом управления коллекторами, таким как программы разработки нефтяных месторождений, корректировочное программирование и динамическое прогнозирование. В некотором смысле, численное моделирование коллекторов является одним из важных инструментов современной разработки коллекторов. В последние годы, благодаря быстрому развитию компьютеров, технология численного моделирования коллекторов достигла большого прогресса, особенно в плане методов расчета, разработки программного обеспечения и обработки изображений результатов расчетов. Многочисленные ученые усовершенствовали существующие традиционные методы численного моделирования коллекторов для изучения нелинейных характеристик течения жидкости в коллекторах со сверхнизкой проницаемостью. В настоящее время течение жидкости в пористых средах со сверхнизкой проницаемостью представляет собой нелинейный поток с минимальным начальным градиентом давления. Следовательно, классический закон Дарси не может полностью отражать закон течения в коллекторах с низкой проницаемостью. Программное обеспечение для численного моделирования, основанное на модели течения Дарси, имеет ограничения в применении к коллекторам со сверхнизкой проницаемостью. Хотя метод численного моделирования с переменной проницаемостью может точно описать нелинейный закон течения пористых сред со сверхнизкой проницаемостью. Он пока не может отражать непрерывность и гладкость уравнения состояния. Этот метод численного моделирования все еще находится на стадии исследования [1 с, 7].

Определение геометрических параметров трещин

Первым шагом при выборе трещин является определение их геометрических параметров. Для этого необходимо провести анализ имеющихся геологических данных, таких как геофизические исследования, каротажные данные, данные гидродинамических испытаний и т.д. На основе этих данных можно определить глубину, длину, ширину и ориентацию трещин [26 с, 28].

Выбор типа модели

После определения геометрических параметров трещин необходимо выбрать тип модели. Существует несколько типов моделей трещин, таких как модели с одной трещиной, модели с несколькими трещинами, модели с трещинами, пересекающимися под углом и т.д. Выбор типа модели зависит от характеристик пласта и трещин, а также от поставленной задачи [8 с, 12].

Моделирование различных сценариев эксплуатации

После выбора типа модели необходимо провести численное моделирование различных сценариев эксплуатации, таких как изменение дебита скважины, изменение забойного давления, изменение состава флюида и т.д. При этом необходимо учитывать наличие трещин и их влияние на производительность скважин [13 с, 15].

Анализ результатов моделирования

После проведения численного моделирования необходимо произвести анализ результатов для оценки влияния трещин на производительность скважин. Для этого можно использовать различные методы, такие как анализ давления, анализ изменения дебита скважины и т.д. На основе результатов анализа можно сделать выводы о том, какие трещины оказывают наибольшее влияние на производительность скважин и какие параметры трещин необходимо учитывать при моделировании [21].

Результаты

Таким образом, методология выбора трещин при численном моделировании эксплуатационных характеристик обводненных скважин со сверхнизкой проницаемостью включает определение геометрических параметров трещин, выбор типа модели, моделирование

различных сценариев эксплуатации и анализ результатов моделирования. Эта методология позволяет учитывать наличие трещин и их влияние на производительность скважин при численном моделировании, что позволяет повысить точность прогнозирования эксплуатационных характеристик месторождений [81 с, 20].

Вывод

Разработанная методология выбора трещин позволяет значительно повысить точность численного моделирования эксплуатационных характеристик обводненных скважин со сверхнизкой проницаемостью. Она учитывает специфику трещиноватости в таких пластах и позволяет учесть их влияние на фильтрационные характеристики [16].

Заключение

Данное исследование является первым шагом в разработке более точных и эффективных методов моделирования эксплуатации обводненных скважин со сверхнизкой проницаемостью. Учет геометрических параметров и характеристик трещин позволяет более точно прогнозировать поведение скважин, эффективно управлять процессом обводнения и повысить рентабельность добычи.

Важно отметить, что данный подход является лишь одним из элементов комплексного решения, включающего в себя также геологические исследования, лабораторные испытания, гидродинамические исследования и анализ данных по эксплуатации скважин.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование методики, включая:

- Разработку более точных моделей трещин, учитывающих их неоднородность и взаимосвязь с другими геологическими факторами.
- Развитие методов автоматизации выбора трещин, основанных на алгоритмах машинного обучения и искусственного интеллекта.
- Создание интегрированных платформ моделирования, объединяющих различные виды данных и позволяющих проводить более комплексный анализ.

Применение разработанной методологии позволит нефтегазовой отрасли более эффективно использовать запасы углеводородов в пластах со сверхнизкой проницаемостью, обеспечить устойчивое развитие и свести к минимуму негативное влияние на окружающую среду [17].

1. Алвардо, В. Методы увеличения нефтеотдачи пластов. Планирование и стратегии применения / В. Алвардо, Э. Махрик. – М.: ООО «Преимум-инжиниринг», 2011. – 244 с.
2. Economides M.J., Oligney R.E., Valko P. Unified Fracture Design: Bridging the Gap between Theory and Practice. – Alvin Tex.: Orsa Press, 2002. – 200 p.
3. Каневская Р.Д., Жучков С.Ю. Опыт моделирования и оценки эффективности горизонтальных скважин с трещинами гидроразрыва на Верхне-Шапшинском месторождении // Нефтяное хозяйство. – 2003. – № 7. – С. 92–96.
4. Raghavan R., Chen C. Fractional diffusion in rocks produced by horizontal wells with multiple, transverse hydraulic fractures of finite conductivity // J. Pet. Sci. Eng. – 2013. – V. 109. – P. 133–143. – doi: 10.1016/j.petrol.2013.08.027.
5. Chen C.C., Raghavan R. A multiply-fractured horizontal well in a rectangular drainage region // Soc. Pet. Eng. J. – 1997. – V. 2, No 4. – P. 455–465.
6. Бадретдинова Е.Р., Салимьянов И.Т., Хайруллин М.Х., Шамсиев М.Н. Численное решение коэффицентной обратной задачи о нестационарной фильтрации к скважине, пересеченной трещиной гидравлического разрыва // Прикл. механика и техн. физика. – 2012. – Т. 53, № 3. – С. 84–89.
7. Салимьянов И.Т. Гидродинамические исследования нефтяных вертикальных скважин с трещиной гидроразрыва: Дис. канд. техн. наук. – Казань, 2011. – 110 с.
8. van der Vorst H. Iterative Krylov Methods for Large Linear System. – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2003. – 236 p.
9. Богачев К.Ю. Эффективное решение задач фильтрации вязкой сжимаемой многофазной многокомпонентной смеси на параллельных ЭВМ: Дис. . . д-ра физ.-мат. наук. – М., 2012. – 183 с.
10. Stoer J., Bulirsch R. Introduction to numerical analysis. – N. Y.: Springer, 2002. – 762 p.

12. Дуркин С.М. Математическая модель скважины, дренирующей трещиновато- пористый коллектор: Дис. канд. техн. наук. – Ухта, 2014. – 150 с.
13. Кашеваров А.А. Гидравлическая модель разработки газовых и нефтяных месторождений // Прикл. механика и техн. физика. – 2010. – Т. 51, № 6. – С. 111–120.
14. Friedel T. Numerical Simulation of Production from Tight Gas Reservoirs by Advanced Stimulation Technologies: Diss. – Freiberg: Technischen Universitat Bergakademie Freiberg, 2004. – 126 p.
15. Soliman M.Y., Boonen P. Review of Fracturing Horizontal Wells Technology // 7th Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, Abu Dhabi, United Arab Emirates, Oct. 13-16, 1996. – Soc. Petrol. Eng., 1996. – Art. No SPE-36289-MS, 17 p.
16. Мазо А.Б., Поташев К.А., Хамидуллин М.Р. Фильтрационная модель притока жидкости к горизонтальной скважине с многостадийным гидравлическим разрывом пласта // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. – 2015. – Т. 157, кн. 4. – С. 133–148.
17. Мазо А.Б., Поташев К.А., Калинин Е.И., Булыгин Д.В. Моделирование разработки нефтяных месторождений методом суперэлементов // Матем. моделирование. – 2013. – Т. 19, № 2. – С. 111–120.
18. Amestoy P.R., Puglisi C. An unsymmetrized multifrontal LU factorization // SIAM J. Matrix Anal. Appl. – 2002. – V. 24, No 2. – P. 553–569. – doi: 10.1137/S0895479800375370.
19. Watkins D.S. Fundamentals of Matrix Computations. – N. Y.: John Wiley & Sons, 2004. – 640 p.
20. Hemker P.W. The Incomplete LU-decomposition as a relaxation method in multi-grid algorithms // Boundary And Interior Layers – Computational and Asymptotic Methods / Ed. by J.J.H. Miller. – Dublin: Boole Press, 1980. – P. 306–311.
21. Wittum G. On the robustness of ILU smoothing // SIAM J. Sci. Stat. Comput. – 1989. – V. 10, No 4. – P. 699–717. – doi: 10.1137/0910043.
22. Bolten M. Multigrid Methods for Structured Grids and their Application in Particle Simulation: Diss. – Wuppertal: Bergische Universitat Wuppertal, 2008. – 131 p.
23. Khristianovich S.A., Zeltov Y.P. Formation of vertical fractures by means of highly viscous liquid // Proc. Forth World Pet. Congress, Rome. Vol. 2. 1995. 579–586.
24. Христианович С.А., Желтов Ю.П. О гидравлическом разрыве нефтеносного пласта // Изв. АН СССР. ОТН. 1955. № 5. 3–41.
25. Perkins N.K., Kern L.R. Widths of hydraulic fractures // Paper SPE 89. J. Petroleum Technol. 1961. 13, N 9. 937–949.
26. Adachi J. I., Detournay E. Self-similar solution of a plane-strain fracture driven by a power-law fluid // Int. J. Numer. Anal. Methods Geomech. 2002. 26. 579–604.
27. Spence D.A., Sharp P. Self-similar solution for elastohydrodynamic cavity flow // Proc. Roy. Soc. London. Ser. A. 1985. 400. 289–313.
28. Ивашнев О.Е., Смирнов Н.Н. Формирование трещины гидроразрыва в пористой среде // Вестн. Моск. ун-та. Матем. Механ. 2003. № 6. 28–36.
29. Звягин А.В. Движение вязкой жидкости в канале с упругими стенками // Вестн. Моск. ун-та. Матем. Механ. 2005. № 1. 50–54.

Балтрашевич В.Э.

Использование систем, основанных на знаниях, для создания учебно-тренировочных средств для программных комплексов

Санкт-Петербургский Государственный электротехнический университет
(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/trnio-08-2024-298

Аннотация

Показана необходимость использования систем, основанных на знаниях (СОЗ) для создания учебно-тренировочных средств (УТС) программных комплексов (ПК). Показаны способы получения поверхностных (ПЗ) и глубинных знаний (ГЗ). ПК используются в различных предметных областях (ПрОб). Системный анализ позволяет выявить и использовать общие черты ПрОб. Показано, что большинство ПК являются как бы калькуляторами (ГЗ) и не имеют средств для сохранения ПЗ. Эксперты-предметники решают с помощью ПК нужные задачи, но не сохраняют свои знания. Предлагаются два вида подобных средств: списковые СОЗ и графовые СОЗ, рассматриваются режимы работы СОЗ. Даются рекомендации по использованию СОЗ в ПК.

Ключевые слова: системы, основанные на знаниях, глубинные и поверхностные знания, базы знаний, экспертные системы.

Abstract

The necessity of using knowledge-based systems (KBS) to create educational and training aids (ETFs) and software complexes (PCs) is shown. Methods for obtaining surface knowledge (SK) and deep knowledge (DK) are shown. PCs are used in various subject areas (Prob). System analysis makes it possible to identify and use common features of the Prob. It is shown that most PCs are like calculators (DK) and do not have the means to save PG. Subject matter experts solve the necessary problems using a PC, but do not retain their knowledge. Two types of such tools are proposed: list KBSs and graph KBSs; operating modes of KBSs are considered. Recommendations are given for the use of KBSs in PCs.

Keywords: knowledge-based systems, deep and superficial knowledge, knowledge bases, expert systems.

Введение. УТС для ПК отличаются от УТС для других технических средств тем, что в УТС для ПК используется реальный ПК, а не макет устройства. Для того, чтобы создать УТС по работе с комплексом нужны знания о работе с ПК. Откуда их взять? ПК состоит фактически из одних ГЗ, из одних кнопок. Их надо связать в процесс. Процесс создает анализатор, который на этом ПК работает. Процесс практически находится в голове этого анализатора и никак не сохраняется. Любая программа состоит, как мы знаем, из процедур (ГЗ) и из основного тела программы (ПЗ), которое связывает эти процедуры в некий граф, который и обеспечивает решение задачи. Фактически нам надо исследовать вопрос об использовании систем, основанных на знаниях (СОЗ), при создании и использовании программных комплексов.

Базы знаний состоят из ГЗ и из ПЗ. В нашем же случае, когда мы имеем ПК, мы имеем только ГЗ. И нет возможности сохранить ПЗ. Идея, которая положена в основу создания УТС для ПК - это создать средства (СОЗ), в которых можно было бы сохранить ПЗ, постепенно их наращивая.

Эксперименты показали, что эти СОЗ целесообразно реализовывать в двух видах.

Списковые СОЗ, в которых знания (команды) эксперта записываются последовательно (в виде списка). Этот список можно рассматривать как траекторию некоторого процесса использования ПК. Если эта последовательность довольно сложна, то встает вопрос о создании генератора этого процесса. Генератор можно представить в виде графа.

С другой стороны этих последовательностей может быть сохранено несколько и также может возникнуть вопрос о создании генератора этих процессов.

Поэтому вторым видом СОЗ являются графовые СОЗ, которые используют граф для представления генератора процесса использования ПК. Для представления графов используется язык продукций баз знаний, а для реализации графов (баз знаний) используются экспертные системы (ЭС).

Для сохранения знаний эксперта (для создания СОЗ) предлагается разделить программу на две части (на два файла). Файл процедур, который будем называть глубинными знаниями. И файл с телом программы, который будем называть поверхностными знаниями. Оба эти файла входят в состав программы.

Идея отделения поверхностных знаний известна уже давно. При построении БИС, создавать индивидуальные БИС было не выгодно, и были разработаны микропроцессоры. В которые заносились поверхностные знания и получалась индивидуальная БИС. Этот подход получил широкое развитие. Хотелось, чтобы эти знания могли использовать не только микропрограммисты, а специалисты из разных предметных областей, например, медики. Эти поверхностные знания пытались представить на языке близком к естественному и был предложен язык продукций и разработаны экспертные системы.

Встраивание в ПК СОЗ позволяет за счет сохранения знаний эксперта решить три известные проблемы: проблема уставшего эксперта (устал показывать работу ПК), проблема

эксперта-отпускника (данные пришли, а он в отпуске) и проблема «гениального» эксперта (который может «всё», но не может сохранить свои знания и передать другим).

ПК используются в различных ПрОб. В каждой из ПрОб – надо иметь и готовить специалистов (экспертов-предметников). В каждой ПрОб – своя специфика. Где взять знания для обучения? Что общего в УТС для разных ПрОб? Для ответа на эти вопросы и предназначена математика с её формализацией, в частности, системный анализ.

Системный анализ предлагает использовать несколько (декомпозиция) моделей исследуемой системы с последующим синтезом и имитационным моделированием; представляет собой комбинацию строгих математических методов и эвристик; используется для задач, которые могут быть представлены графом, а для ввода графа в машину используются правила продукции – основная форма представления знаний; использует человеко-машинные (диалоговые) программы, которые должны быть понятны и человеку, и машине (т.е. знания должны быть представлены либо на языке близком к естественному, либо графически).

Знания. Нужно выявить знания по использованию ПК. Что такое знания? Знание – это граф, описывающий решаемую задачу. Не все графы – программы, но любая программа – граф.

Как получить знания? 1. Автоматически – извлекая из каких-то процессов. 2. От экспертов.

Знания и системы, основанные на знаниях (СОЗ), лежат в основе УТС.

Выявление и выделение глубинных знаний. Создание СОЗ.

В качестве предметной области для иллюстраций выберем задачу дихотомии. Эксперт-математик заказывает программисту набор процедур: {«ввод ИД - начальная установка», «граница а», «граница б», «дихотомия – деление отрезка», «проверка окончания», «вывод промежуточных результатов», «вывод результатов»}.

В любой предметной области эксперт-предметник должен определить набор базовых действий.

Введем два модуля: модуль ГЗ (использует язык программирования), модуль ПЗ (использует постепенно изменяющийся язык эксперта-предметника). Это начало создания СОЗ.

Программист пишет процедуру (одну из набора) в модуле ГЗ. Ему надо проверить ее работоспособность хотя бы на одном примере. Позднее тестировщики проверят эту процедуру во всех режимах. Программу проверки (знания проверки разработанной процедуры) он записывает в модуль ПЗ с помощью упрощенного языка эксперта. Эта программа фактически представляет собой линейный процесс, с возможными ветвлениями. Упрощенный язык эксперта требуют наличия упоминания в сообщениях названия процедуры, данное экспертом-математиком. Мы должны увидеть след решения задачи на русском языке. Запуская эту программу, программист проводит имитационное моделирование разработанной процедуры. И так – для каждой процедуры.

Для исполнения каждого из модулей нужна своя исполняющая система. Для модуля ГЗ нужна исполняющая система языка программирования. Для модуля с ПЗ нужна исполняющая система СОЗ (для реализации языка эксперта-предметника), которая на первых этапах может совпадать с исполняющей системой языка программирования.

Лишних затрат это не требует, т.к. программист должен выполнять эти действия по роду своей деятельности. Только тестирование своей процедуры он записывает в модуль ПЗ.

Извлечение поверхностных знаний эксперта-предметника.

Фактически будет проведена операция по извлечению и сохранению знаний о процессе решения задачи дихотомии (Process Mining) пусть и из головы эксперта-математика

Наблюдение за работой эксперта. Когда все процедуры реализованы и проверены с помощью имитационного моделирования, вступает эксперт-математик. Он знает, как решать задачу дихотомии – соответствующая последовательность действий (программа) находится у эксперта-математика в голове. Эксперт-математик получает новую машину, т.е. калькулятор с набором кнопок для каждой процедуры. (кнопки – в окне «ПрОбл»). Перебирая кнопки (процедуры) он решает задачу дихотомии. Для получения заданной точности, ему придется повторять некоторые действия (потом программист их оформит в цикл). Либо эксперт-

математик, либо программист должны записать и сохранить эту последовательность действий (хотя бы на бумаге). Потом эту последовательность (список) действий программист записывает в модуль ПЗ и исполняет её с помощью имитационного моделирования. Фактически реализуется списковая СОЗ.

Программирование и имитационное моделирование. Записывая эту последовательность в модуль ПЗ (знания о решении задачи дихотомии), программист может добавить интеллектуальные добавки (пояснения, подсказки, рекомендации, переводы). Пользователь (новичок, обучаемый) увидит описание программы на естественном (русском) языке, т.е. на языке эксперта-математика. Т.е. процесс, использующий слова из множества {«ввод ИД», «граница а», «граница б», «дихотомия – деление отрезка», «проверка окончания», «вывод промежуточных результатов», «вывод результатов»}.

Автоматизация извлечения и проверки знаний эксперта. Эксперту показывается меню возможных действий, он выбирает команду, которая сохраняется в файле со знаниями, и выполняется связанная с командой процедура. Затем сохраненные знания эксперта используются в СОЗ, при этом мнемоническое обозначение кнопки заменяется текстом с ее назначением. Это фактически режимы обучения и тестирования работы СОЗ.

Структура списковой СОЗ. Если у нас в модуле ПЗ много разных подзадач, то их можно поместить в сетку и запускать либо по одной, либо все по очереди с возможностью приостановки.

Реализация списковой СОЗ довольно проста и не должна вызывать затруднений при реализации на разных языках программирования. Пример СОЗ был реализован на Delphi и описан в [1].

Режимы работы СОЗ.

Автоматический и пошаговый режимы работы СОЗ.

Очевидно, что использовать СОЗ можно в двух режимах: пошаговом и автоматическом. В автоматическом режиме задача решается без поясняющих сообщений, т.е. фактически проводится тестирование задачи. В пошаговом режиме демонстрируются все интеллектуальные добавки, что позволяет пользователю ознакомиться (изучить) с процессом решения задачи.

Списковая СОЗ – это процесс (траектория процесса), который можно приостанавливать; а графовая СОЗ – это генератор процесса, который можно прерывать. Эти режимы широко используются при создании УТС.

СОЗ с использованием и без использования ПК.

Пока рассматривались СОЗ встроенные в ПК, управляющие решением задачи на работающем ПК. Но т.к. пользователь видит описание процесса на естественном языке, то хотелось бы использовать СОЗ в самостоятельном (автономном) режиме без использования ПК, но демонстрирующую знания о работе с ПК.

При использовании СОЗ без использования ПК, зрительную информацию, получаемую в результате работы процедур, надо заменить скриншотами. Естественно, это приводит к необходимости усложнения исполняющей системы СОЗ, за счет добавления в сообщения рисунков. Таким образом, при использовании ПК БЗ, помещенная в СОЗ, управляет решением задачи, а без использования ПК (и, соответственно, без использования ГЗ) БЗ, помещенная в СОЗ, демонстрирует знания о решении задачи.

В руководстве оператора приводятся знания (описание) применения ПК. Это один из вариантов использования ПК. Использование СОЗ позволяет автоматизировать («оживить») эти знания, что повышает эффективность контрольного примера. Если ПК активно используется, то могут быть реализованы и сохранены другие примеры использования ПК. На базе этих реализаций примеров может быть создан граф генератора этих процессов. Для реализации этого графа лучше использовать базу знаний и экспертную систему, т.е. графовую СОЗ.

Но описывать графом лучше решение целевой задачи, а не отрывки отдельных задач.

ЭС используют правила продукции для представления знаний. Проведенный анализ показал, что можно построить ЭС без использования правил продукции, а на базе списка атрибутов. Этот подход довольно удобен при создании интеллектуальных автоматизированных

обучающих систем (АОС), являющихся развитием УТС для ПК. Подробное описание этого подхода приведено в [2].

Спираль развития программного обеспечения. Если вернуться к нашей начальной задаче о дихотомии, то мы начинали с элементарных действий (процедур). С помощью БЗ, представленных правилами продукций, нам удалось описать процесс решения задачи. При этом процесс снабжался интеллектуальными добавками и объяснениями (одно из основных особенностей ЭС). Полученная БЗ может быть откомпилирована в представление на классическом языке программирования (не эксперта) и оформлена как новая процедура с сохранением системы объяснений [2]. Под компиляцией знаний понимаем преобразование форм представления знаний. Спираль развития программного обеспечения замкнулась. Можно добавить еще одну кнопку в калькулятор исходного ПК.

Рекомендации по использованию СОЗ в ПК. СОЗ показывают, как работать с ПК и показывают возможности ПК (с демонстрацией каждой возможности), т.е. являются одним из видов УТС ПК. Если ПК выполняет цельную задачу, для описания которой требуется граф, то тогда рекомендуется использовать БЗ, записанные на языке продукций с исполняющей системой на базе ЭС, т.е. графовые СОЗ.

Если для решения цельной задачи требуется использование нескольких ПК, то надо использовать графовые СОЗ.

1. Балтрашевич В.Э. Экспресс реализация базы знаний. ISSN 2311-2158. The Way of Science. 2022. № 8 (102).
2. Балтрашевич В. Э., Интеллектуальная АОС на базе списка атрибутов – Beau Bassin: LAP Lambert Academic Publishing, 2019. – 132 с. ISBN 978-620-0-00382-9. (переведена на 8 европейских языков в 2021г.).

Бобунов А.Ю.

Внедрение непрерывной интеграции (CI/CD) и автоматизации тестирования в финансовые проекты

*Московский финансово-промышленный университет «Синергия»
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-299

Аннотация

В данной статье рассматриваются ключевые практики и вызовы, связанные с автоматизацией тестирования и CI/CD. Проводится анализ специфических требований и ограничений финансового сектора, а также обсуждаются методы оптимизации процессов разработки и тестирования программного обеспечения (ПО). Приводятся примеры успешных внедрений CI/CD в финансовые организации для повышения эффективности и качества разработки ПО. Особое внимание уделено вопросам обеспечения безопасности, соответствия нормативным требованиям и интеграции с существующими системами.

Ключевые слова: непрерывная интеграция (CI), непрерывная доставка (CD), автоматизация тестирования, финансовые проекты, DevOps, CI/CD.

Abstract

The article examines key practices and challenges related to test automation and CI/CD. It analyzes the specific requirements and limitations of the financial sector, and discusses methods for optimizing software development and testing processes. It provides examples of successful CI/CD implementations in financial organizations to improve the efficiency and quality of software development. Particular attention is paid to issues of ensuring security, regulatory compliance, and integration with existing systems.

Keywords: continuous integration (CI), continuous delivery (CD), test automation, financial projects, DevOps, CI/CD.

Введение

Современные финансовые проекты сталкиваются с повышенными требованиями к скорости выпуска обновлений. В условиях высококонкурентного рынка и строгих нормативных требований, данные организации вынуждены искать способы повышения эффективности процессов разработки и обеспечения качества программного обеспечения (ПО). Одним из таких подходов является внедрение практик непрерывной интеграции (англ. Continuous Integration – CI) и непрерывной доставки (англ. Continuous Delivery – CD), а также автоматизации тестирования (АТ). Согласно отчету за 2024 год [1], объем рынка инструментов CI/CD в 2023 году оценивался в 11,75 млрд долларов США, а к 2031 году достигнет 43,59 млрд долларов США. Данные методы входят в популярную среди IT-специалистов практику DevOps [2], которая заключается в улучшении качества ПО и результатов проектов по разработке.

CI/CD представляют собой методы, направленные на улучшение качества ПО путем частого интегрирования изменений в кодовую базу и автоматизации процесса его развертывания. Основная идея CI/CD заключается в том, чтобы каждое изменение кода проходило через автоматизированный набор тестов. Это позволяет выявлять ошибки на ранних стадиях разработки и сокращать время на выпуск новых версий продукта. Это особенно важно в финансовой сфере, где надежность и безопасность ПО имеют одно из первостепенных значений.

Эти технологии позволяют быстро и эффективно проверять функциональность, производительность и безопасность программных решений, что значительно снижает риск возникновения критических ошибок и уязвимостей. Однако внедрение АТ и CI/CD в финансовые проекты сопряжено с рядом вызовов, включая необходимость адаптации к существующим процессам и обеспечение соответствия нормативным требованиям.

Целью данной статьи является исследование лучших практик и ключевых вызовов, связанных с внедрением CI/CD и автоматизации тестирования в финансовые проекты.

Основная часть. Ключевые методы и технологии в АТ и CI/CD и опыт их применения

Тестирование имеет одно из решающих значений в сфере финансовых услуг, поскольку оно обеспечивает надежность, точность и безопасность ключевых приложений и систем. Поэтому компании предпринимают различные действия и стратегии, направленные на повышение эффективности и функциональности своих продуктов. Согласно тематическому исследованию [3], благодаря АТ можно достичь сокращения времени выпуска цифровой продукции на 40 %, улучшения производительности ПО на 60 % и увеличения охвата тестирования на 70 %.

Регулярная интеграция изменений в основную ветку кода является частью CI. В финансовых проектах, где важна точность данных и стабильность системы, частые коммиты (частые изменения и сохранения кода в системе управления версиями) помогают быстро обнаруживать и исправлять ошибки, минимизируя риски для пользователей и способствуя соблюдению строгих нормативных требований. Также специалисты могут использовать автоматическую сборку проекта, которая запускается после каждого коммита. Это позволяет оперативно выявлять проблемы с компиляцией и зависимостями и обеспечивать непрерывное тестирование.

В CD специалисты могут внедрять автоматическое развертывание. Это снижает вероятность ошибок, что особенно важно для финансовых систем, где сбои могут привести к серьезным финансовым потерям и репутационным рискам. Канареечные релизы подразумевают развертывание и тестирование новой версии ПО на небольшой группе пользователей перед полным выпуском, что представляет возможность обнаружить и устранить проблемы до массового релиза приложения. Внедрение практики постоянного мониторинга и логирования для отслеживания состояния приложения в реальном времени и быстрого реагирования на инциденты позволяет быстро реагировать на любые аномалии и нарушения в продукте компании.

При выборе инструментов АТ специалистам следует разрабатывать стратегию с учетом изучения всех доступных ресурсов и требований. Для систем контроля версий, как правило,

могут быть использованы Git, SVN. Они представляют собой инструменты для управления изменениями в коде и координации работы команды разработчиков. Мониторинг и логирование может осуществляться за счет Prometheus, Grafana: инструментов для мониторинга состояния систем и визуализации данных. Для сбора, хранения и анализа логов применяется платформа ELK Stack (Elasticsearch, Logstash, Kibana). Инструментами контейнеризации и оркестрации являются Docker (платформа для контейнеризации приложений) и Kubernetes. Последняя представляет собой систему оркестрации контейнеров для автоматизации развертывания, масштабирования и управления контейнеризованными приложениями. Инструментарий при интеграции систем CI/CD и АТ представлен в таблице 1.

Таблица 1

Инструменты для АТ [4]

Область	Инструмент	Предназначение
Системы CI/CD	Jenkins	Поддерживает множество плагинов, позволяющих интегрироваться с различными инструментами и технологиями, такими как Docker, Kubernetes и Git. Позволяет автоматизировать сборку, тестирование и развертывание приложений.
	GitLab CI/CD	Является встроенной частью платформы GitLab, предоставляя возможности для автоматизации всех стадий процесса разработки. Позволяет легко настраивать пайплайны для сборки, тестирования и развертывания кода прямо из репозитория.
	Travis CI	Сервис для CI, который интегрируется с GitHub. Он позволяет автоматически запускать тесты и сборки при каждом коммите, обеспечивая быстрое выявление и исправление ошибок.
Инструменты АТ	Selenium	Фреймворк для АТ веб-приложений. Позволяет писать тесты на различных языках программирования и автоматизировать взаимодействие с браузерами.
	JUnit	Фреймворк для модульного тестирования на языке Java. Позволяет писать и запускать тесты для проверки отдельных компонентов приложения.
	PyTest	Фреймворк для тестирования на Python. Он отличается простотой использования и поддерживает написание тестов с минимальным количеством кода. Поддерживает различные плагины, что позволяет расширить его функциональность.
	JMeter	Инструмент для нагрузочного тестирования и измерения производительности веб-приложений. Он позволяет симулировать нагрузку от множества пользователей и анализировать производительность системы под нагрузкой.

Эффективное внедрение этих инструментов помогает финансовым организациям улучшать пользовательский опыт и быстро адаптироваться к изменениям на рынке. При этом существуют популярные инструменты открытого кода среди специалистов. Исследования за 2024 год [5] показали, что GitHub Actions значительно доминирует в ландшафте, присутствующем более чем в половине (57,8%) репозиториях, а Travis занимает второе место как наиболее используемая технология (38,8%) (рис.1).

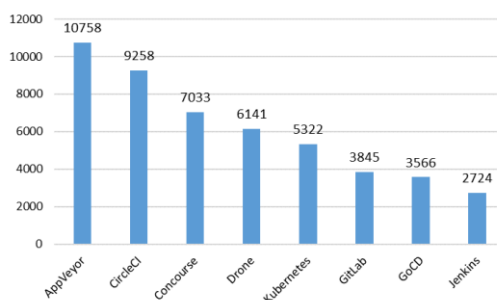


Рисунок 1. Распределение технологий по репозиториям CI/CD, кол-во случаев использования среди специалистов

Такой результат может быть объяснен тем, что GitHub Actions поддерживает широкий спектр триггеров и событий. GitHub Marketplace предлагает обширный набор готовых действий, которые могут быть использованы для автоматизации различных задач, таких как тестирование, развертывание и сканирование безопасности. Это значительно ускоряет настройку процессов CI/CD.

Внедрение таких инструментов и методов позволяет финансовым организациям повысить эффективность процессов разработки, улучшить качество и сократить время на выпуск ПО, а также повысить степень безопасности продуктов. Опыт интеграции наблюдается у ряда крупных организаций, что может свидетельствовать об эффективности и успешном применении методов АТ и CI/CD.

Capital One, одна из крупнейших финансовых компаний США, активно внедряет АТ и CI/CD в свои проекты [6]. Capital One использует Jenkins для CI/CD и Selenium для АТ веб-приложений. Помимо повышения степени безопасности и качества конечного продукта, внедрение данных технологий позволило сократить время развертывания новых версий ПО с нескольких недель до пары часов.

Другим примером является американский финансовый конгломерат Bank of America, который использовал Docker и Kubernetes для контейнеризации и оркестрации своих приложений, а также PyTest и JMeter для АТ [7]. Внедрение технологий позволило сократить время на выпуск новых версий ПО, а нагрузочное тестирование с использованием JMeter – выявить и устранить проблемы, улучшив производительность приложений.

Вызовы при внедрении АТ и CI/CD в финансовые компании

Внедрение CI/CD и АТ в финансовые проекты представляет собой значительный шаг вперед в обеспечении качества и скорости разработки ПО. Однако этот процесс сталкивается с рядом ограничений, которые необходимо учитывать для успешной реализации.

В финансовом секторе многих стран, в том числе США, организации обязаны соблюдать множество нормативных требований и стандартов, которые направлены на обеспечение безопасности, защиту данных и прозрачность операций. Внедрение CI/CD и АТ в таких условиях требует учета таких нормативных требований, чтобы избежать штрафов и санкций, а также защитить интересы клиентов. Одним из таких документов является Gramm-Leach-Bliley Act (GLBA), который требует от финансовых учреждений защиты конфиденциальной информации клиентов [8]. Процессы автоматизации должны обеспечивать защиту данных на всех этапах разработки и тестирования, включая шифрование информации, ограничение доступа и ведение аудита доступа к данным.

Другим нормативным документом является федеральный закон США Sarbanes-Oxley Act (SOX), который требует от публичных компаний, включая финансовые учреждения, обеспечения точности и надежности финансовой отчетности [9]. Поэтому применение различных практик и технологий АТ должно включать механизмы для предоставления прозрачности и прослеживаемости изменений в коде, а также автоматизацию тестов для проверки соответствия финансовых отчетов и процедур.

Среди стандартов также выделяют Payment Card Industry Data Security Standard (PCI DSS), который используется при работе с кредитными картами основных платежных систем. Он устанавливает строгие требования к защите данных держателей карт, охватывая такие аспекты, как шифрование данных, контроль доступа и регулярный мониторинг систем для обеспечения безопасности финансовых транзакций. Организации должны тщательно планировать свои CI/CD процессы, чтобы обеспечить соответствие всем применимым требованиям и стандартам, минимизируя риски и гарантируя высокое качество и надежность продуктов [10].

Финансовые организации иногда используют устаревшие системы и решения, что затрудняет интеграцию CI/CD процессов и АТ. Совмещение с современными платформами может требовать значительных ресурсов, в том числе финансовых. Высокие первоначальные затраты и расходы на поддержку могут быть барьером для внедрения новых практик, особенно для небольших организаций.

Еще одним потенциальным препятствием успешного внедрения CI/CD и АТ является отсутствие специалистов с глубокими знаниями в этих областях. Введение новых методов предполагает значительные усилия по обучению персонала. Недостаток квалифицированных кадров может замедлить внедрение CI/CD и АТ, а также увеличить расходы на обучение и найм специалистов.

Внедрение CI/CD и АТ в финансовые проекты сопровождается значительными вызовами и ограничениями, которые требуют тщательного планирования и комплексного подхода. Однако успешное применение таких методов может существенно повысить эффективность разработки и качество ПО, что особенно важно для финансовых организаций в условиях жесткой конкуренции и строгих нормативных требований.

Выводы

Внедрение CI/CD и АТ в финансовые проекты представляет собой стратегически важный шаг для повышения качества и скорости разработки ПО. Основные преимущества непрерывной интеграции включают в себя улучшенное качество ПО, более быструю разработку новых функций, а также снижение рисков и затрат, связанных с исправлением дефектов. Эффективная АТ позволяет значительно уменьшить время, затрачиваемое на тестирование, и повысить надежность и безопасность программных продуктов. Однако процесс внедрения сталкивается с рядом ограничений и вызовов, таких как строгие нормативные требования, дефицит квалифицированных кадров и значительные начальные затраты. Для успешного преодоления этих препятствий финансовые организации должны тщательно планировать свои стратегии автоматизации, инвестировать в обучение и развитие сотрудников, а также выбирать наиболее подходящие инструменты и технологии, которые соответствуют специфическим потребностям финансовой отрасли.

1. CI/CD Tools Market Size by Product, By Application, By Geography, Competitive Landscape and Forecast. Market Research Intellect. 2024. 220 p.
2. Тюменцев Д. В. Автоматизация тестирования в devops: подходы и лучшие практики // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 2-2(89). С. 156-159.
3. Revolutionizing the Testing Landscape for Enhanced Software Delivery. Case Study / Qentelli // URL: <https://qentelli.com/case-studies/journey-towards-ci-cd> (дата обращения 09.07.2024).
4. Hussein A. Mahmood H., Tarik R. A Comprehensive Study on Automated Testing with The Software Lifecycle // The Journal of Duhok University. 2023. V. 26. P. 613-620.
5. Gіаo H., Flores A., Pereira R., Cunha J. Chronicles of CI/CD: A Deep Dive into its Usage Over Time // arXiv:2402.17588v1. 2024.
6. Balancing CI/CD: Managing product development data / Capital One. Financial Corporation // URL: <https://www.capitalone.com/tech/software-engineering/cicd-and-data/> (дата обращения: 13.07.2024).
7. Nnaomah U. I., Aderemi S., Olutimehin D. O., Orieno O. H., Ogundipe D. O. Digital banking and financial inclusion: a review of practices in the USA and Nigeria // Finance & Accounting Research Journal. 2024. Т. 6. №. 3. С. 463-490.
8. Gramm-Leach-Bliley Act. URL: <https://www.ftc.gov/legal-library/browse/statutes/gramm-leach-bliley-act> (дата обращения: 18.07.2024).
9. Sarbanes Oxley Act. URL: <https://sarbanes-oxley-act.com/> (дата обращения 20.07.2024).
10. Пономарёв Е.В. Роль технологических инноваций в усилении защиты прав потребителей в финансовом секторе // Дневник науки. 2024. №6 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dnevnika.ru/images/publications/2024/6/technics/Ponomarev.pdf> (дата обращения 20.07.2024).

Большин Р.Г.¹, Кондратьева Н.П.², Краснолуцкая М.Г.², Мардарьев С.Н.³, Мардарьева Н.В.³

Разработка цифровой системы для автоматического управления параметрами среды с использованием элементов нейросети

¹РГАУ-ТСХА имени К.А. Тимирязева
(Россия, Москва)

²Удмуртский государственный аграрный университет
(Россия, Ижевск)

³Чувашский государственный аграрный университет
(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-08-2024-300

Аннотация

Цифровизация управления в аграрной отрасли России с элементами искусственного интеллекта позволяет создать эффективную систему производства, хранения, транспортировки, переработки и реализации продукции. Продуктивность животных связана с параметрами среды их обитания. Цифровая система автоматического регулирования параметров микроклимата обеспечивает взаимосвязанное управление температурным режимом, относительной влажностью, освещенностью и др. параметрами среды. Нейросеть мониторит поведенческие реакции животных с помощью видеонаблюдения, интерпретирует реакции животных и дает сигнал цифровой системе автоматического управления (ЦСАУ). Главным элементом ЦСАУ является компьютер (видеосервер) или цифровой микроконтроллер с установленным программным обеспечением. Реализации ЦСАУ параметрами микроклимата с использованием элементов нейросети позволяет увеличить продуктивность животных на 10-15%, снизить финансовые затраты на 15-20%. Техничко-экономические расчёты показали, что ЦСАУ полностью окупает себя в течение 2 лет для фермы на 300 голов КРС.

Ключевые слова: элементы нейросети, элементы искусственного интеллекта, этологические, поведенческие реакции животных, цифровые автоматизированные системы управления.

Abstract

Digitalization of management in the Russian agricultural industry with elements of artificial intelligence makes it possible to create an effective system of production, storage, transportation, processing and sales of products. The productivity of animals is related to the parameters of their habitat. A digital system for automatic control of microclimate parameters provides interconnected control of temperature, relative humidity, illumination and other environmental parameters. The neural network monitors the behavioral reactions of animals using video surveillance, interprets the animals' reactions and gives a signal to the digital automatic control system (DACS). The main element of the CSAU is a computer (video server) or digital microcontroller with installed software. Implementation of CSAU by microclimate parameters using neural network elements allows increasing animal productivity by 10-15% and reducing financial costs by 15-20%. Technical and economic calculations showed that the CSAU fully pays for itself within 2 years for a farm of 300 head of cattle.

Keywords: elements of a neural network, elements of artificial intelligence, ethological, behavioral reactions of animals, digital automated control systems.

Актуальность. Цифровизация превращает агропромышленный комплекс в высокотехнологичный сектор экономики, где обрабатываются массивы больших данных, поступающих от многочисленных сенсоров, установленных в поле, на ферме, сельскохозяйственной технике, от метеостанций, спутников и других систем [1, 2, 3, 4]. Аналитическая обработка этих массивов с помощью искусственного интеллекта позволяет получать ранее недоступную информацию и выявлять закономерности, повышающие эффективность управления сельскохозяйственным производством [5, 6, 7, 8]. Прорыв в

цифровизации аграрного производства обусловлен тем, что аграрные компании, работая совместно с IT-специалистами, научились контролировать технологические процессы в растениеводстве и животноводстве за счет применения устройств для измерения, обработки и передачи показателей состояния каждого объекта управления (плодородия почвы, развития растений, характеристик микроклимата, и т.д.) в режиме текущего времени [9, 10, 11, 12]. Использование цифровых технологий значительно преобразовывает сельскохозяйственное производство (рис. 1).

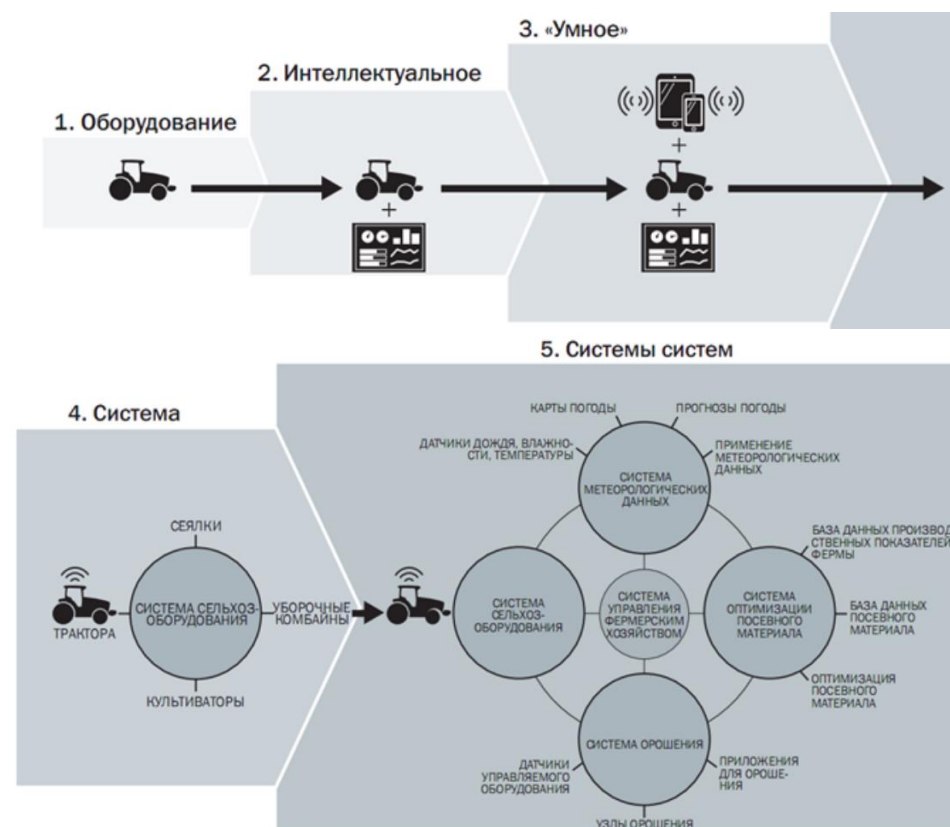


Рисунок 1. Расширение функционала сельскохозяйственного производства.

Основой цифровой системы для автоматического регулирования параметров микроклимата является информация от датчиков, математические модели анализа процессов производства и сбыта продукции, моделирование всей цепочки создания ее стоимости, планирования объема производства, качества продукции и прибыли [13, 14, 15, 16]. Таким образом, цифровизация управления в аграрной отрасли России с элементами искусственного интеллекта позволяет создать эффективную систему производства, хранения, транспортировки, переработки и реализации продукции.

В животноводстве цифровая система для автоматического регулирования параметров микроклимата с использованием элементов нейросети связана с живыми организмами, которые образуют стадо. Поэтому имеет в конечном итоге разрабатывается цифровая система автоматического управления (ЦСАУ) стадом [15, 17, 18]. Поэтому ЦСАУ предусматривает сбор информации от датчиков и контроль этологических реакций животных с помощью нейросети.

Продуктивность животных напрямую связана с параметрами среды их обитания. В последнее время свободный выпас коров не всегда возможен, и животные находятся взаперти в коровнике. Без хороших и комфортных условий невозможно добиться высокого и хорошего надоя и прироста массы.

Цифровая система автоматического регулирования параметров микроклимата должна обеспечить взаимосвязанное управление системой вентиляции, температурным режимом, относительной влажностью, содержанием углекислого газа и аммиака в воздухе,

освещенностью, температурой внутренних поверхностей ограждающих конструкций для определения точки росы (температура выпадения конденсата), величиной лучистого теплообмена между этими конструкциями и животными, ионизацией воздуха, скоростью движения воздуха, запыленностью и наличием микроорганизмов [19, 20, 21, 22]. Неблагоприятные условия, например, снижают продуктивность коров на 20–30%.

Нейросеть мониторит поведенческие реакции животных с помощью видеонаблюдения, которое состоит из аппаратной и программной частей [23, 24, 25]. Аппаратная часть производит цифровую видео- и аудиозапись, а программное обеспечение совмещает текст поведенческих действий с видеоизображением [26, 27]. Важно, чтобы даже при отсутствии компьютера камеры могли вести нормальную работу. Для хранения данных можно использовать внешние жесткие диски, которые устроены гораздо проще, чем компьютер. Рекомендуется использовать камеры с алгоритмом сжатия MPEG-4 для компактного хранения данных.

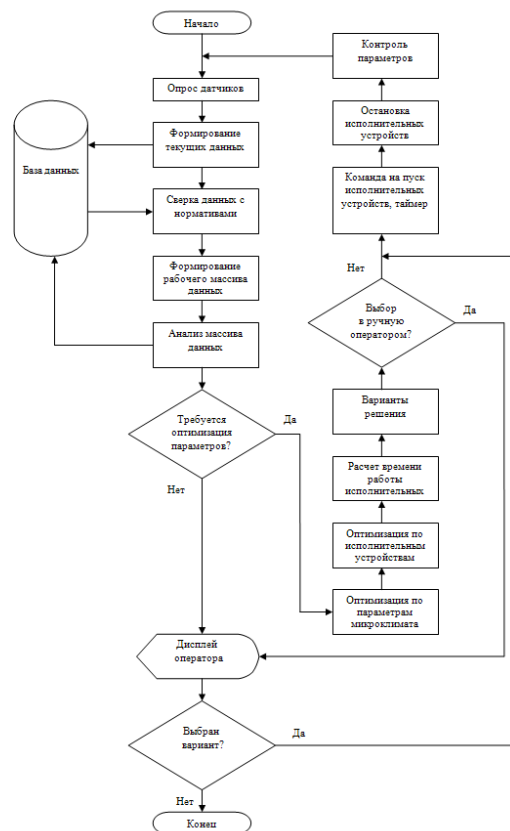


Рисунок 2. Алгоритм управления параметрами микроклимата в животноводческом помещении цифровой автоматизированной системой.

Центром системы является компьютер (видеосервер) или цифровой микроконтроллер с установленным программным обеспечением. Видеосервер оснащен платами видеоввода, преобразующие поступающий видеосигнал в цифровой вид. К платам подключаются источники видеосигнала (видеокамеры, мультиплексоры и т.д.).

Нейросеть анализирует данные, поступающие с видеокамер, интерпретирует реакции животных с помощью ПК, затем дает сигнал ЦСАУ. В их основу ложатся этологические реакции КРС на внешние и внутренние раздражители (холод, тепло, угроза, голод и др. В общем виде ЦСАУ – это взаимосвязанная технологическая последовательность, включающая видеонаблюдение; получение изображения от видеокамеры; обработку (оцифровку, декомпрессию) изображения; логический анализ цифрового изображения и выделение нужной информации.

Приобретается камера, которая ведет видео- и фотонаблюдение, результаты которого отправляются в персональный компьютер, где с помощью программного обеспечения, изображения обрабатываются и принимаются дальнейшие решения.

Нами разработаны технические решения для реализации трёх поведенческих (этологических) реакций птицы при наполном содержании: скученность в помещении, скученность у поилки и птица долго лежит. ЦСАУ с элементами нейросети построена на интеллектуальном реле Schneider Electric Zelio Logic. Наши расчёты показали, что для контроля поведенческих реакций у 19,5 тысяч кур и 500 петушков необходимо восемь беспроводных IP-камер.

Скученность птицы говорит о низкой температуре в помещении. Для регулирования этого процесса устанавливают датчик температуры. В соответствии с санитарными нормами, комфортная температура для птицы составляет от 25 до 27 оС. Нейросеть в течение 15 минут фиксирует скученность птицы, а потом подаёт сигнал на датчик температуры для включения нагревателей. После повышения температуры до санитарной нормы, нейросеть повторно проводит мониторинг поведения птицы. Если скученности нет, то подается сигнал на отключение нагревателей.

Скученность птицы у поилок говорит о недостатке воды. Нейросеть фиксирует это в течение 15 минут и подает сигнал на датчик воды для включения насоса. Нейросеть фиксирует, что птица ушла от поилок и подает сигнал на датчик воды для отключения насоса.

Если птица долго лежит и не встаёт, то это свидетельствует о ветеринарных проблемах. Если птица лежит неподвижно в течении 30 минут, то нейросеть подаёт сигнал диспетчеру.

Таким образом, несмотря на сложность реализации цифровой системы для автоматического регулирования параметров микроклимата с использованием элементов нейросети в растениеводстве, свиноводстве, птицеводстве, животноводстве, она позволяет увеличить продуктивность животных на 10-15%, снизить финансовые затраты на 15-20%, что благоприятно влияет на функционирование предприятия в целом. Техничко-экономические расчёты показали, что ЦСАУ с элементами нейросети полностью окупает себя в течение двух лет для фермы на 300 голов КРС и за шесть месяцев для 19,5 тысяч кур и 500 петушков за счет сохранению птицы на 98 %.

1. Кондратьева, Н.П. Цифровые световые технологии для управления поведением *GalleriaMellonella* / Н.П. Кондратьева, Д.В. Бузмаков, И.Р. Ильясов, Р.Г. Большин, М.Г. Краснолуцкая // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15. № 1. С. 78-83.
2. Козина А.М. Использование цифровых технологий при производстве молока / А.М. Козина, Л.П. Семкив // Вестник Новгородского филиала РАНХиГС.-2018.-Т. 8.-№ 2-1 (10).-С. 13-18.
3. Кубань (агрохолдинг) [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/TD9Hn> (дата обращения: 29.07.2024).
4. Варганова М.Л. Перспективы цифровизации сельского хозяйства как приоритетного направления импортозамещения / М.Л. Варганова, Е.В. Дробот // Экономические отношения. - 2018 - Том 8 - № 1 - С. 1-18.
5. Амиком, система безопасности: [Электронный ресурс] <https://www.ami-com.ru> (дата обращения 29.07.2024)
6. Башилов, А.М. Видеоцифровое системометрическое управление агротехнологическими процессами / Башилов А.М., Королев В.А. // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 4 (48). С. 68.
7. Кондратьева, Н.П. Разработка установки для реализации энергосберегающей световой технологии культивирования большой восковой моли в промышленных масштабах / Кондратьева Н.П., Осокина А.С., Ваштиев В.К., Бузмаков Д.В., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3 (63). С. 72-78
8. Кондратьева, Н.П. Изменение режима работы системы электроснабжения сети 6 кВ при переходе от изолированной нейтральной к резистивно-заземленной / Кондратьева Н.П., Шишов А.А., Сторчевой В.Ф., Большин Р.Г., Кабдин Н.Е., Цедяков А.А., Занфирова Л.В. // Агроинженерия. 2023. Т. 25. № 2. С. 74-82.
9. Бурда А.Г. Целесообразность применения электронной системы управления молочным стадом в условиях цифровизации экономики / А.Г. Бурда, С.А. Бурда // Научный вестник ЮИМ.-2018.-№3.-С. 38-43.
10. Ёлгин, К.С Основные элементы технического зрения необходимые для анализа состояния растений / Ёлгин К.С. // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Техническое зрение и распознавание образов». Сборник статей III научно-технической конференции. Анапа, 2021. С. 133-140.

11. ИТ в агропромышленном комплексе России [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/TD9F4> (дата обращения 29.07.24)
12. Ткаченко В.В. Разработка комплексной автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений в управлении технологическими процессами растениеводства (на материалах АПК Краснодарского края) / В.В. Ткаченко, Н.Н. Лытнев // Вестник Академии знаний. - 2018.-№29 (6).-С. 249-253.
13. Кондратьева, Н.П. Энергосберегающие технологии видеодифференциального управления поведением птицы для повышения эффективности производства в птицеводстве / Н.П. Кондратьева, Р.Г. Большин, М.Г. Краснолуцкая, А.С. Кузьмин // Актуальные вопросы энергетики в АПК. Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Благовещенск, 2021. С. 121-127.
14. Ovchukova, S.A., Energy saving in lighting technologies of agricultural production / Ovchukova S.A., Kondratieva N.P., Kovalenko O.Y. // Light & Engineering. 2021. Т. 29. № 2. С. 21-25.
15. Компьютеризированная система управления молочной фермой [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agro-vek.ru/p99-kompyuterizirovannaya-sistema-upravleniya-molochnoy-ferмой/>(дата обращения: 29.07.2024)
16. Kondrateva, N. Determination of the effective operating hours of the intermittent lighting system for growing vegetables / N. Kondrateva, R. Bolshin, M. Krasnolutsкая, A. Shishov, D. Filatov, S. Ovchukova, G. Mikheev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021" 2021. С. 012004.
17. Kondrateva, N. Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttings / Kondrateva N.P., Akhatov R.Z., Bolshin R.G., Krasnolutsкая M.G., Selunskiy V.V. // Light & Engineering. 2023. Т. 31. № 6. С. 57-64.
18. Кондратьева, Н.П. Модернизация цифровой системы автоматического управления электроустройства с использованием элементов искусственного интеллекта / Кондратьева Н.П., Большин Р.Г. // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 106-9. С. 38-42.
19. Кондратьева, Н.П. Инсектарий для разведения большой восковой моли / Кондратьева Н.П., Ваштиев В.К., Шишов А.А., Большин Р.Г., Ахатов Р.З., Краснолуцкая М.Г., Батуринов А.И., Ваштиева А.В., Батурина К.А., Осокина А.С. // Патент на полезную модель RU 219658 U1, 31.07.2023. Заявка № 2023113608 от 25.05.2023.
20. Кондратьева, Н.П. О регулировании параметров микроклимата личинок большой восковой моли (G. MELLONELLA L.) / Осокина А.С., Кондратьева Н.П., Ваштиев В.К., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Мардарьев С.Н., Мардарьева Н.В. // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Чебоксары, 2024. С. 87-92.
21. Кондратьева, Н.П. Разработка схемы управления цифровым автоматизированным (роботизированным) устройством приготовления пищи с FDM технологией 3D печати и лазерным излучением / Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Ахатов Р.З. // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве. Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко. Саратов, 2023. С. 165-172.
22. Kondrateva, N. Effect of irradiation on the growth and rooting of a climbing rose in vitro / N. Kondrateva, R. Bolshin, M. Krasnolutsкая, A. Baturin, K. Baturina, N. Dukhtanova, N. Kirillin, S. Ovchukova, P. Zaitsev, E. Somova, M. Markova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021" 2021. С. 012007.
23. Нестеров, В.В., Оптическое зрение для диагностики морфометрических параметров растений / Нестеров В.В., Туранов С.Б., Петикарь П.В. // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Техническое зрение и распознавание образов». Сборник статей III научно-технической конференции. Анапа, 2021. С. 244-249.
24. Rudenok V.A The effect of synergism in seed treatment with electron-donor solution and uv irradiation / V.A Rudenok, N.P. Kondratieva, N.I. Mazunina, O.S. Tikhonova // Сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad (DAICRA 2021). 2022. С. 012110.
25. Кондратьева, Н.П. Энергоэффективная система облучения растений на гидропонике с элементами специального искусственного интеллекта / Кондратьева Н.П., Ахатов Р.З., Большин Р.Г.Б., Уманский П.М., Краснолуцкая М.Г. // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве. Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко. Саратов, 2023. С. 172-177.
26. Кондратьева, Н.П. Эффект синергизма для управления посевными качествами семян люцерны изменчивой с элементами нейросети для контроля дозы УФО / Кондратьева Н.П., Ахатов Р.З., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Духтанова Н.В., Селунский В.В., Нетёсов С.В. // АгроЭкоИнфо. 2023. № 5 (59).
27. Кондратьева, Н.П. Управление факторами развития G.MELLONELLA энергоэкономными технологиями для создания технологической линии воспроизводства / Кондратьева Н.П., Осокина А.С., Ваштиев В.К., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. // Пермский аграрный вестник. 2023. № 1 (41). С. 99-107.

Евграфов В.А. Шамуратов Д.Д.

Технологический процесс диагностирования тормозной системы КамАЗ-65117

Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-08-2024-301

Аннотация

Диагностирование технического состояния автомобиля имеет первостепенное значение. От их исправности зависят безопасность движения, топливная экономичность, продолжительность эксплуатации шин и долговечность ряда агрегатов и механизмов автомобиля. В данной статье рассматриваются методы диагностирования тормозной системы автомобилей.

Ключевые слова: тормозной стенд; диагностика; удельная тормозная сила; осевая нагрузка колес; педаль тормоза; пневматические тормоза; манометр.

Abstract

Diagnosing the technical condition of the car is of paramount importance. Traffic safety, fuel efficiency, tire life and durability of a number of vehicle units and mechanisms depend on their serviceability. The article discusses methods for diagnosing the brake system of cars.

Keywords: brake stand; diagnostics; specific braking force; axial load of wheels; brake pedal; pneumatic brakes; pressure gauge.

Надежность тормозов является одним из условий безаварийной и высокопроизводительной работы транспортных средств. Поэтому к тормозным системам подвижного состава предъявляются высокие требования, сущность которых сводится к постоянному обеспечению минимального тормозного пути в данных условиях движения [1, 2, 5].

Диагностика технического состояния тормозных систем осуществляется по комплексным и частным параметрам (симптомам). Комплексные симптомы позволяют оценить состояние тормозов в целом. К таким симптомам относятся:

1. Тормозная сила, т.е. сила, развиваемая тормозом каждого колеса, либо суммарная сила, действующая на автомобиль при торможении.
2. Время срабатывания тормозной системы, складываемое из двух периодов – срабатывания привода и срабатывания тормозных механизмов.
3. Величина тормозного пути, расстояние, проходимое автомобилем до полной остановки автомобиля с момента нажатия на педаль тормоза.
4. Величина максимального замедления автомобиля.

Диагностику тормозной системы проводят на специализированных стендах, из которых можно выделить стенды следующих типов: силовые тормозные стенды и инерционные тормозные стенды [3,6].

При условии что, на участке диагностики располагается стенд силового типа, то при разработке технологии диагностики возможно принять во внимание особенности проведения диагностики на стендах данного типа.

Силовые тормозные стенды, у которых барабаны вращаются с постоянной заданной скоростью, имеют широкое распространение в нашей стране и за рубежом. Они позволяют определять:

- тормозную силу каждого колеса;
- суммарную тормозную силу автомобиля;
- время срабатывания привода тормозной системы;
- время срабатывания каждого тормозного механизма в отдельности;
- наличие овальности (износов на эллипсность) барабанов;

- эффективность действия стояночного тормоза;
- чистоту выключения тормозных механизмов.

Стенды этого типа характеризуются относительной простотой устройства и обслуживания, надежны в работе и обеспечивают точность и стабильность измерений, вполне достаточные для практики.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема силового тормозного стенда для одновременного диагностирования тормозов колес одной оси автомобиля.

Он состоит из двух секций: левой и правой. Каждая из них имеет раму 1, на которой расположены передний 9 и задний 2 барабаны одинакового диаметра. Они соединены цепной передачей 11, вследствие чего оба являются ведущими относительно опирающегося на них автомобильного колеса. Этим достигается наилучшее использование сцепного веса. Приводное устройство состоит из редуктора 5 и электродвигателя 3, соединенных клиноременной передачей. Пульт 8, на котором находятся измерительные приборы и органы управления стендом, общий на две секции.

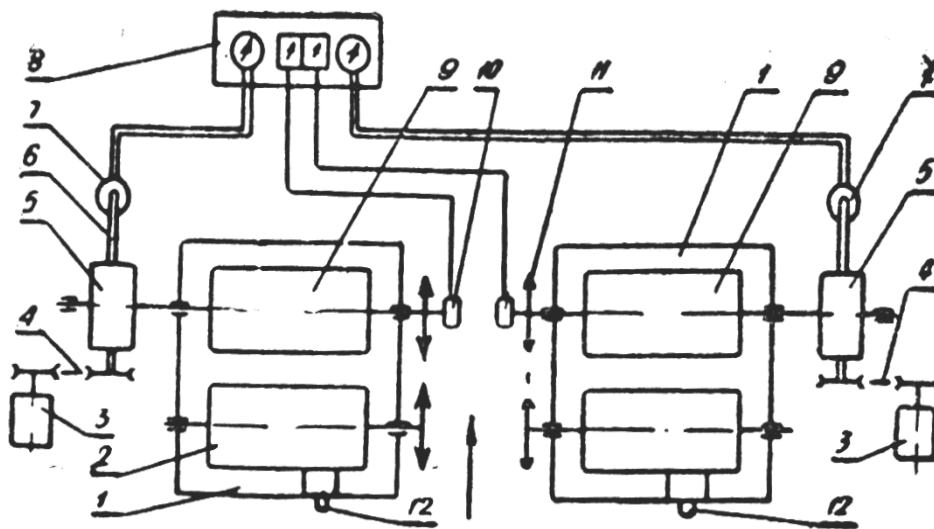


Рисунок 1. Тормозной стенд барабанного типа

1 - рама секции, 2 и 9 - барабаны, 3 - электродвигатель, 4 - передача клиноременная, 5 - редуктор балансирующий, 6 - рычаг мессдозы, 7 - мессдоза, 8 - пульт стенда, 10 - датчик инерционный, 11 - цепная передача, 12 - фиксатор.

На рисунке 2 показан тормозной барабанный стенд КИ-4998 ГосНИТИ. При диагностировании состояния тормозов на этом стенде измеряются симптомы:

- тормозная сила (каждого колеса отдельно),
- одновременность срабатывания тормозных механизмов,
- время срабатывания привода
- усилие нажатия на педаль.

Контроль тормозов осуществляется следующим образом. После установки автомобиля на стенде и включения привода колеса вращаются с постоянной скоростью, определяемой параметрами привода [4, 7]. Для разных стендов этого типа она колеблется от 2 до 15 км/час. При нажатии на тормозную педаль и срабатывании привода возникает реактивный момент, который стремится повернуть корпус балансирующего редуктора 5 в сторону, противоположную направлению вращения барабанов. В связи с тем, что реактивный момент пропорционален тормозному, рычаг 6, закрепленный на корпусе редуктора, воздействует на датчик 7 с усилием, пропорциональным тормозной силе. Величину тормозной силы можно прочесть на указателе пульта. Одновременно с этим срабатывает инерционный датчик 10, а его указатель (на пульте) измерит время срабатывания тормозного механизма.

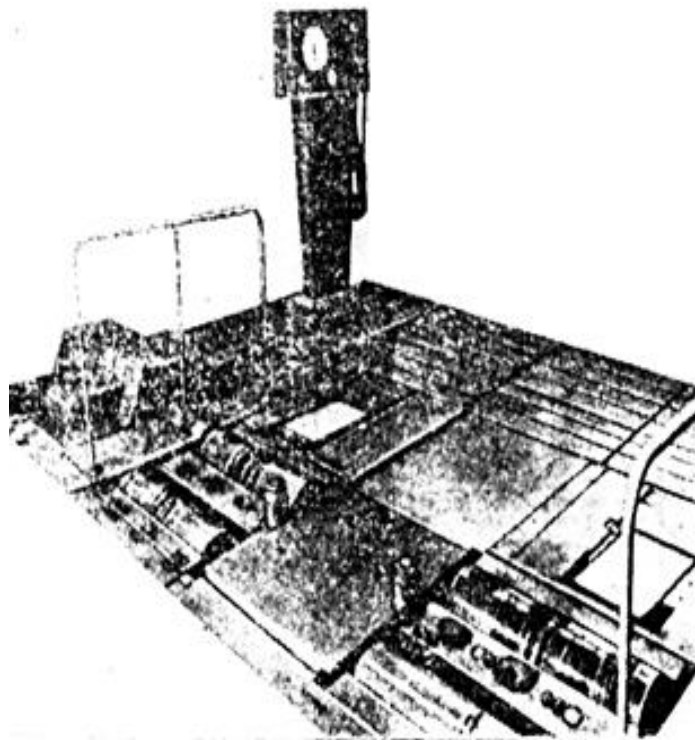


Рисунок 2. Барабанный стенд КИ-4998 ГосНИТИ для диагностики тормозов.

Величина тормозной силы зависит от усилия нажатия на педаль тормозного привода, поэтому при диагностировании тормозов с гидравлическим приводом применяется специальное переносное устройство, называемое «пневмонога». Оно отрегулировано на заданное усилие и устанавливается в кабине автомобиля так, чтобы по команде оператора нажимало своим штоком на педаль привода. У пневматических тормозов усилие в тормозном приводе устанавливается по манометру [8, 9].

Техническое состояние стояночного тормоза оценивается по величине тормозной силы. Для этого устанавливают автомобиль задними колесами на барабаны, раскручивают и тормозят их ручным тормозом.

Инерционные (динамические) тормозные стенды с беговыми барабанами так же широко распространены, как и силовые. Их отличительной особенностью является наличие маховых масс и число пар барабанов под все колеса диагностируемого автомобиля. Эти массы рассчитаны из условия равенства кинетической энергии поступательно движущегося автомобиля и вращающихся масс стенда, а также распределения тормозных моментов по осям. Маховые массы кинематически связаны с соответствующими барабанами, а через них с колесами диагностируемого автомобиля.

На таких стендах можно измерять: тормозной момент, тормозной путь, замедление, время срабатывания привода, время срабатывания тормозных механизмов. Следует особо отметить, что в этом случае тормозной момент измеряется при динамическом коэффициенте трения тормозных накладок о барабан. Динамический коэффициент не равен статическому, как это иногда принимают в практике. Кроме того, симптом - тормозной (остановочный) путь является наиболее емким и наглядным для оценки технического состояния тормозной системы в целом, т. к. любая неисправность в ней влияет на его величину. В международной практике (в США, Канаде, Швеции и др. странах) эффективность тормозов оценивается, как правило, величинами тормозного пути или замедления (иногда сразу двумя этими параметрами). На рисунке 3 представлена схема стенда для диагностирования тормозной системы КамАЗ-65117.

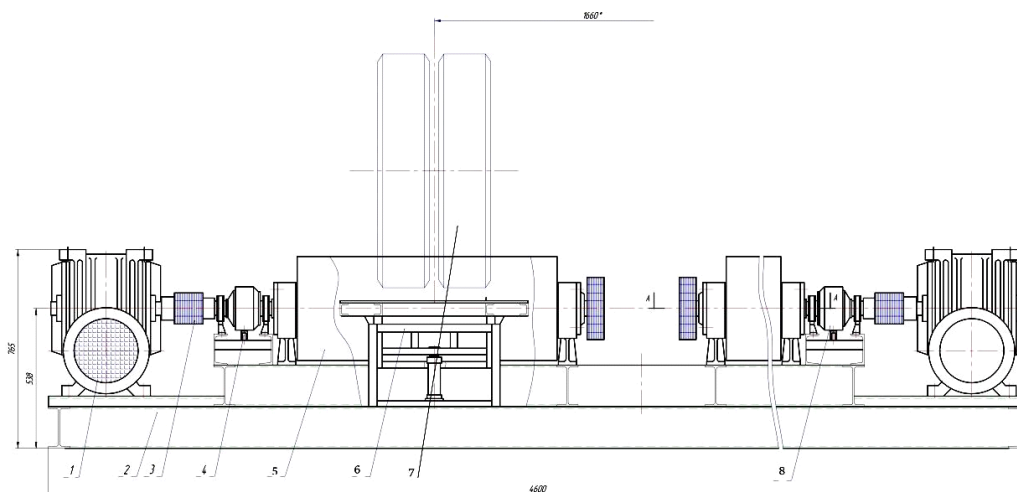


Рисунок 3. Схема стенда для диагностирования тормозной системы
1 – привод, рама стенда, 3 – муфта, 4 и 8 – редуктор, 5 – приводной барабан,
6 – рама барабана, 7 – колесо.

Технические характеристики стенда: - габаритные размеры стенда, мм. 5965x1266x792; - мощность приводного электродвигателя, кВт. 2 -7,5; - тип испытываемого автомобиля с нагрузкой на ось не более 6,5т.; - имитируемая скорость движения, км/ч. до – 15,0; - тип применяемых датчиков - тензорезисторный.

Контроль тормозов осуществляется следующим образом. После установки автомобиля на стенде и включения привода колеса вращаются с постоянной скоростью, определяемой параметрами привода. Для разных стендов этого типа она колеблется от 2 до 15 км/час. При нажатии на тормозную педаль и срабатывании привода возникает реактивный момент, который стремится повернуть корпус балансирного редуктора в сторону, противоположную направлению вращения барабанов. В связи с тем, что реактивный момент пропорционален тормозному, рычаг, закрепленный на корпусе редуктора, воздействует на датчик с усилием, пропорциональным тормозной силе. Величину тормозной силы можно прочесть на указателе пульта. Одновременно с этим срабатывает инерционный датчик, а его указатель (на пульте) измерит время срабатывания тормозного механизма. Величина тормозной силы зависит от усилия нажатия на педаль тормозного привода, поэтому при диагностировании тормозов с гидравлическим приводом применяется специальное переносное устройство, называемое «пневмонога». Оно отрегулировано на заданное усилие и устанавливается в кабине автомобиля так, чтобы по команде оператора нажимало своим штоком на педаль привода. У пневматических тормозов усилие в тормозном приводе устанавливается по манометру. Техническое состояние стояночного тормоза оценивается по величине тормозной силы. Для этого устанавливают автомобиль задними колесами на барабаны, раскручивают и тормозят их ручным тормозом.

Выводы

Важным преимуществом инерционных стендов является возможность получения высоких скоростей вращения колес автомобиля, что позволяет приближать режимы контроля к эксплуатационным условиям.

Наряду с проведением контроля тормозной системы можно на этих стендах проверять тяговые качества (по интенсивности разгона), состояние ходовой части (по пути затухания движения), топливную экономичность при заданной скорости и т. п.

1. Евграфов В.А., Орлов Б.Н. Особенности объемного и поверхностного разрушения деталей машин и механизмов. / Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2002. № 3. С. 42.
2. Корсаков Н.А., Евграфов В.А., Апатенко А.С. Предпочтение применения типа движителя сельскохозяйственной машины. / В сборнике: Чтения академика В. Н. Болтинского. 2023. С. 140-145.

3. Новиченко А.И., Евграфов В.А. К вопросу оценки уровня оснащённости машин встроенными средствами контроля. / Природообустройство. 2010. № 4. С. 84-88.2. Дидманидзе О.Н. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий./ Методическое указание. МГАУ им. Горячкина. Москва. 2000. С.73.
4. Орлов Б.Н., Карапетян М.А., Абдулмажидов Х.А. Исследования износа рабочих элементов машин и технологического оборудования./ Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 2. С. 36-38.
5. Тойгамбаев С.К., Соколов О.К. Оптимизация параметров участка то и ремонта машино-тракторного парка. / В сборнике: Вестник международной общественной академии экологической безопасности и природопользования (МОАЭБП). Москва, 2020. С. 5-21.
6. Тойгамбаев С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации./ Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва, 20006.
7. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Выбор критериев оптимизации при решении задач по комплектованию парка машин производственных сельскохозяйственных организации. / В сборнике: Доклады ТСХА. 2019. С. 317-322.
8. Тойгамбаев С.К. Математическое моделирование оптимизации парка машин и повышения надежности эксплуатации. / Аспирант и соискатель. 2015. № 5 (89). С. 102-106.
9. Niyazbekova S., Troyanskaya M., Toygambayev S., Rozhkov V., Zhukov A., Aksenova E., Ivanova O. Instruments for financing and investing the "GREEN" economy in the countrys environmental projects./ В сборнике: E3S Web of Conferences. 22. Сер. "22nd International Scientific Conference on Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies, EMMFT 2020" 2021. С. 10054.

Кенджаев А.Т.

Применение передовых технологий для оптимизации логистики и дистрибуции в США

*Самаркандский Медицинский Институт
(Узбекистан, Самарканд)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-302

Аннотация

В статье анализируется применение передовых технологий для оптимизации логистики и дистрибуции в США. Изучается внедрение автоматизации, искусственного интеллекта, интернета вещей, блокчейна и Big Data. Рассматривается опыт компаний Amazon, UPS, Walmart и FedEx в использовании этих технологий. Анализируются преимущества и возможные ограничения цифровизации логистических процессов. Подчеркивается значимость гибкости и адаптивности логистических систем в условиях быстро меняющегося рынка. Оценивается влияние технологий на снижение операционных затрат и повышение эффективности цепочек поставок. Делается вывод о необходимости комплексного подхода для успешного внедрения инноваций.

Ключевые слова: автоматизация, искусственный интеллект, интернет вещей, блокчейн, логистика, дистрибуция, рынок США.

Abstract

The article analyzes the application of advanced technologies for optimizing logistics and distribution in the USA. The implementation of automation, artificial intelligence, the Internet of Things, blockchain and Big Data is studied. The experiences of companies such as Amazon, UPS, Walmart, and FedEx in using these technologies are examined. The advantages and possible limitations of digitizing logistics processes are analyzed. The importance of flexibility and adaptability in logistics systems in a rapidly changing market is emphasized. The impact of technologies on reducing operational costs and improving supply chain efficiency is evaluated. The article concludes with the need for a comprehensive approach to successfully implement innovations.

Keywords: automation, artificial intelligence, Internet of Things, blockchain, logistics, distribution, US market.

Введение

Цифровизация логистики и управления цепочками поставок представляет собой одну из важнейших стратегических задач для современных компаний, особенно в условиях быстро меняющегося экономического ландшафта. Внедрение передовых технологий, таких как автоматизация, искусственный интеллект, интернет вещей, блокчейн и Big Data позволяет существенно улучшить эффективность процессов, сократить издержки и повысить конкурентоспособность. В последние десятилетия компании все чаще обращаются к этим инновациям для оптимизации своих операций, что приводит к трансформации всей логистической отрасли. Актуальность данного исследования обусловлена не только значительным экономическим потенциалом цифровизации, но и ее ролью в создании устойчивых и гибких систем дистрибуции, способных адаптироваться к внешним изменениям и внутренним потребностям бизнеса.

Целью данной статьи является анализ применения передовых технологий для оптимизации логистики и дистрибуции в США. Рассматривается историческое развитие цифровизации в логистике, предлагается теоретический подход к оценке эффективности внедрения цифровых технологий. Особое внимание уделяется изучению преимуществ и возможных препятствий, с которыми сталкиваются компании при внедрении технологий, а также перспективам дальнейшего развития цифровизации в логистической сфере.

Основная часть. Трансформация цифровых технологий в логистических системах и цепочках поставок

Исторически логистика фокусировалась на обеспечении базовых потребностей в транспорте и складировании, что включало ручное управление запасами и ограниченное использование данных для принятия решений. С ростом сферы промышленности и торговли в XIX и XX веках, системы стали более сложными и интегрированными, требующими новых методов и подходов для обеспечения эффективности и надежности. Основные этапы развития логистики можно охарактеризовать переходом от ручного труда к механизированным, а затем к автоматизированным системам, что подготовило почву для внедрения цифровых технологий [1].

Переход к цифровизации в логистике начался в конце XX века с появлением информационных технологий, которые позволили компаниям более эффективно управлять своими ресурсами и процессами. Одним из значительных этапов стало внедрение систем управления складом WMS (Warehouse Management Systems) и систем управления транспортом TMS (Transportation Management Systems). В 1975 году компания J.C. Penney, крупный американский ритейлер, начала использовать WMS для автоматизации складских операций и улучшения управления запасами [2]. В 1980-х годах Ryder Systems, организация, специализирующаяся на транспортных и логистических услугах, внедрила TMS для оптимизации транспортных операций, что включало планирование маршрутов и отслеживание грузов. Эти системы значительно повысили точность и скорость операций.

Следующим этапом стала интеграция корпоративных информационных систем, таких как ERP (Enterprise Resource Planning), которые обеспечили более глубокую взаимосвязь между различными аспектами логистических операций и способствовали улучшению общей производительности. В 1992 году корпорация Walmart, один из крупнейших мировых ритейлеров, начала активно внедрять системы ERP. Это позволило существенно повысить эффективность и координацию логистических процессов, улучшив управление цепочками поставок и сократив операционные затраты. Интеграция ERP-систем способствовала объединению различных аспектов деятельности компании, включая закупки, управление запасами, логистику и финансы, в единую информационную платформу.

Современные технологии в логистике и дистрибуции

Цифровизация оказала существенное влияние на традиционные логистические модели, трансформировав их с помощью новых технологий и подходов. Это позволило значительно улучшить прогнозирование спроса, оптимизацию маршрутов и управление запасами, снижая при этом затраты и повышая уровень обслуживания клиентов. Традиционные модели,

основанные на ручном труде и интуитивных решениях, уступили место системам, требующим высокой квалификации в области информационных технологий и аналитики. Это привело к необходимости переподготовки кадров и изменению организационных структур, что, в свою очередь, способствовало созданию более гибких и адаптивных логистических систем.

Автоматизация и роботизация логистических операций позволяют усовершенствовать ряд процессов, которые ранее требовали значительных временных и трудовых ресурсов, таких как складирование, обработка заказов и транспортировка товаров [3]. Одним из актуальных примеров является внедрение роботизированных систем Amazon. В 2022 году компания внедрила роботы Proteus, которые способны автоматически перемещать товары. К концу 2023 года на складах Amazon работало 750 000 роботов, включая современные модели роботизированных манипуляторов Sparrow и Cardinal и системы идентификации Sequoia. Это позволило Amazon сократить время обработки заказов на 25 % и повысить общую производительность [4].

Искусственный интеллект (ИИ) оказывает значительное влияние на управление логистикой, предоставляя новые возможности для оптимизации процессов и повышения эффективности цепочек поставок. UPS, одна из крупнейших в мире компаний по доставке посылок, использует систему ORION (On-Road Integrated Optimization and Navigation), разработанную на основе ИИ. Она позволяет анализировать данные о дорожном движении, погодных условиях и других факторах в реальном времени, чтобы находить наиболее эффективные маршруты для водителей. Это помогло компании сократить пробег транспортных средств, сэкономить до 10 млн галлонов топлива в год и уменьшить время доставки [5].

Интернет вещей (IoT) представляет собой сеть физически связанных устройств, оснащенных датчиками, программным обеспечением и другими технологиями, которые позволяют обмениваться данными. По прогнозам, в 2024 году общий объем рынка IoT в США достигнет 342,50 млрд долларов, при этом сектор IoT в автомобильной промышленности составит 91,62 млрд долларов (рис.1).

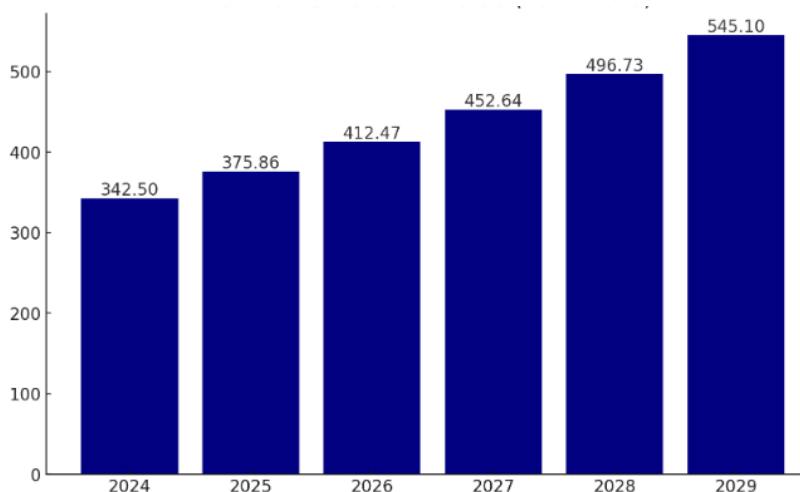


Рисунок 1. Рынок IoT в США, млрд долларов [6].

В логистике IoT применяется для мониторинга состояния товаров, отслеживания транспорта, оптимизации маршрутов и повышения прозрачности цепочек поставок. Эти технологии позволяют компаниям в реальном времени получать данные о местоположении, температуре, влажности и других параметрах, что способствует более эффективному управлению логистическими процессами и снижению операционных рисков.

Компания Walmart, один из крупнейших розничных ритейлеров в мире, внедрила IoT-решения для улучшения управления своими логистическими операциями. С помощью датчиков, установленных на транспортных контейнерах и транспортных средствах, Walmart отслеживает движение и состояние товаров на всех этапах логистической цепочки. Эти данные позволяют оптимизировать маршруты доставки, снижать операционные затраты и

предотвращать потери товаров. IoT-датчики контролируют условия хранения, такие как температура и влажность, что особенно важно для обеспечения качества и безопасности продуктов питания. В случае отклонения от допустимых параметров система автоматически генерирует предупреждения, что позволяет оперативно реагировать и предотвращать порчу товаров, обеспечивая высокое качество продукции для клиентов [7].

Блокчейн – это распределенная база данных, которая обеспечивает прозрачность и неизменность записей, что делает ее подходящей для применения в логистике [8]. Технология позволяет отслеживать каждый этап движения товаров по цепочке поставок, обеспечивая надежную и защищенную от подделки информацию о перемещении и состоянии продукции.

Одним из лидеров в использовании блокчейн-технологий в логистике является компания IBM. Платформа IBM Food Trust позволяет отслеживать путь продуктов питания от фермы до стола. Walmart активно использует эту технологию для повышения прозрачности и безопасности цепочек поставок продуктов питания. Благодаря блокчейну компания может быстро отслеживать источники любых проблем с качеством продуктов и оперативно принимать меры [9].

Big Data представляет собой технологию обработки и анализа данных для выявления закономерностей, прогнозирования и оптимизации бизнес-процессов. В логистике ее использование позволяет компаниям улучшать управление запасами, оптимизировать маршруты, предсказывать спрос и минимизировать операционные риски.

Американская компания по предоставлению логистических услуг FedEx внедрила платформу Dataworks, которая использует Big Data для мониторинга и анализа логистических процессов. Dataworks помогает выявлять проблемы и оптимизировать цепочки поставок, обеспечивая эффективное управление ресурсами. Платформа анализирует данные о движении грузов, производительности транспортных средств и погодных условиях, что позволяет FedEx точнее прогнозировать и планировать маршруты [10]. Это улучшает точность и скорость доставки, снижает операционные издержки и повышает уровень обслуживания клиентов, обеспечивая более надежные и быстрые логистические решения.

Особенности внедрения передовых технологий

Цифровизация логистики и дистрибуции представляет собой значительный шаг вперед в области управления цепочками поставок, внедряя передовые технологии для повышения эффективности, точности и прозрачности процессов. Такие технологии, как автоматизация, ИИ, IoT, блокчейн и Big Data позволяют компаниям оптимизировать маршруты, управлять запасами в реальном времени и улучшать взаимодействие с клиентами. Однако, наряду с многочисленными преимуществами, внедрение передовых технологий имеет ряд ограничений и вызовов (таблица 1).

Таблица 1

Преимущества и проблемы внедрения цифровых технологий в сферы логистики и дистрибуции [11, 12]

Технология	Преимущества	Ограничения
Автоматизация	Снижение временных и трудовых затрат. Повышение производительности и сокращение ошибок.	Высокие первоначальные затраты на внедрение систем. Сложность интеграции с существующими технологиями. Потребность в обучении и переподготовке персонала.
Искусственный интеллект (ИИ)	Улучшение точности прогнозирования спроса. Оптимизация маршрутов доставки. Автоматизация принятия решений.	Высокие затраты на разработку и внедрение. Необходимость в высококвалифицированных специалистах. Потенциальные риски ошибочных решений из-за недостаточной точности алгоритмов.
Интернет вещей (IoT)	Повышение отслеживаемости цепочек поставок благодаря датчикам на транспортных средствах. Улучшение управления запасами.	Высокие затраты на установку и обслуживание IoT-устройств. Проблемы с безопасностью данных и защитой от кибератак. Сложность интеграции IoT-систем с существующими ИТ-инфраструктурами.
Блокчейн	Обеспечение защищенной	Высокие затраты на внедрение блокчейн-

	<i>информации о состоянии и происхождении продукции. Улучшение взаимодействия между участниками цепочки поставок.</i>	<i>технологий. Сложность интеграции блокчейн с существующими системами управления. Ограниченная пропускная способность и масштабируемость блокчейн-сетей.</i>
<i>Большие данные (Big Data)</i>	<i>Анализ данных для выявления закономерностей и оптимизации логистических процессов. Улучшение принятия решений на основе данных в реальном времени.</i>	<i>Высокие затраты на хранение, обработку и анализ больших данных. Проблемы с безопасностью и конфиденциальностью данных.</i>

С точки зрения автора, внедрение передовых технологий в области логистики и дистрибуции существенно снижает операционные затраты и повышает гибкость и адаптивность организаций в условиях динамично изменяющегося рынка. Для успешного внедрения цифровизации компании должны тщательно анализировать возможные ограничения и вызовы, такие как высокие первоначальные затраты, необходимость переподготовки кадров и проблемы с безопасностью данных. Только при комплексной оценке всех факторов можно максимально использовать преимущества современных технологий и минимизировать сопутствующие риски.

Выводы

Цифровизация логистики и дистрибуции привела к значительным изменениям в традиционных моделях управления цепочками поставок. Внедрение передовых технологий, таких как автоматизация, ИИ, IoT и блокчейн, Big Data позволило существенно повысить эффективность и прозрачность логистических процессов. Такие компании как Amazon, UPS, Walmart и FedEx успешно применяют эти технологии для оптимизации маршрутов, управления запасами и улучшения качества обслуживания. Эти изменения требуют высокой квалификации в области информационных технологий и аналитики, а также переподготовки кадров, что способствует созданию более гибких и адаптивных логистических систем. Использование цифровых технологий в логистике обеспечивает конкурентные преимущества, снижая затраты и повышая удовлетворенность клиентов.

1. Лебедев Г. А., Коровин Г. С., Федотов М. В. Автоматизация грузовых перевозок машин в логистических перевозках: экономические перспективы и особенности реализации // Вестник экономических и социологических исследований. 2024. № 1. С. 28-35.
2. Whig P. et al. Role of AI and IoT in Intelligent Transportation // Artificial Intelligence for Future Intelligent Transportation. – Apple Academic Press, 2024. С. 199-220.
3. Korostin O. Innovations in the automation of electronic message processing for maritime shipping // Cold Science. 2024. № 6. P. 22-30.
4. Amazon announces 2 new ways it's using robots to assist employees and deliver for customers / Amazon // URL: <https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-introduces-new-robotics-solutions> (дата обращения: 24.06.2024)
5. UPS To Enhance ORION With Continuous Delivery Route Optimization / UPS: <https://about.ups.com/us/en/newsroom/press-releases/innovation-driven/ups-to-enhance-orion-with-continuous-delivery-route-optimization.html> (дата обращения: 26.06.2024)
6. Internet of Things – United States / Statista // URL: <https://www.statista.com/outlook/tmo/internet-of-things/united-states> (дата обращения: 30.06.2024)
7. Walmart's grocery network transformation: the next steps on our supply chain modernization journey / Walmart // URL: <https://corporate.walmart.com/news/2024/07/10/walmarts-grocery-network-transformation-the-next-steps-on-our-supply-chain-modernization-journey> (дата обращения: 02.07.2024)
8. Зиборев А.В. Использование цепочек Blockchain и искусственного интеллекта в сфере логистики и автоперевозок // Инновационная наука. 2023. №8-2.
9. IBM Food Trust / IBM // URL: <https://www.ibm.com/products/supply-chain-intelligence-suite/food-trust#Benefits> (дата обращения: 04.07.2024)
10. Data makes the world work better / FedEx // URL: <https://www.fedex.com/en-us/dataworks.html> (дата обращения: 05.07.2024)

11. Abdullina, Leila, Anna Suvorova, Ramil Zagidullin, Tatiana Romanishina, and Ekaterina Tsygankova. "National transport and logistics system: navigating challenges for development until 2030." In E3S Web of Conferences, vol. 525, p. 05016. EDP Sciences, 2024.
12. Pshychenko D. The impact of digital transformation on the economic efficiency of enterprises // Cold Science. 2024. № 6. P. 82-91.

Кириллов Д.О.

Влияние видимости на возможность выполнения заходов на посадку по различным категориям с использованием ILS

*Независимый исследователь
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-303

Аннотация

Метеорологические условия существенно влияют на безопасность воздушного движения, а также могут повлиять на заранее спланированный план полета. Сложные метеорологические условия особенно опасны при взлете и посадке. Более того, они также могут вызывать сбои в воздушном движении, вызывая, например, задержки или перенаправление самолетов в другие аэропорты. Основная цель этой статьи - проанализировать влияние метеорологических условий, в частности видимости, на возможность выполнения полетов с различными категориями ILS. Исследование было разработано для количественной оценки ограничений, связанных с метеорологическими условиями, с конкретным оборудованием ILS в данном аэропорту.

Ключевые слова: метеорологические условия; навигационная система; ILS; видимость; аэропорт; авиакомпания; погода; данные METAR.

Abstract

Meteorological conditions significantly affect the safety of air traffic, and can also affect a pre-planned flight plan. Difficult meteorological conditions are especially dangerous during takeoff and landing. Moreover, they can also cause disruptions in air traffic, causing, for example, delays or redirection of aircraft to other airports. The main purpose of this article is to analyze the impact of meteorological conditions, in particular visibility, on the ability to fly with various ILS categories. The study was designed to quantify the limitations associated with meteorological conditions with specific ILS equipment at a given airport.

Keywords: meteorological conditions; navigation system; ILS; visibility; airport; airline; weather; METAR data.

Введение

Хорошо известно, что авиация сильно зависит от погоды и различных погодных условий. Актуальная метеорологическая обстановка в первую очередь важна при выполнении взлета и посадки [1,2,3]. Наличие метеорологической информации играет важную роль в организации воздушного движения, планировании работы авиакомпаний и аэропортов, а также на пунктуальность и безопасность выполнения полетов. Способы подготовки и представления метеорологической информации стандартизированы, поскольку такая информация должна быть доступна для чтения всем участникам воздушного движения. Эта информация предоставляется в виде сводок и прогнозов, влияет на планирование полета и используется летными экипажами перед вылетом и посадкой и во время полета [4]. Некоторые атмосферные явления могут значительно усложнить и часто даже препятствовать выполнению полетов. Кроме того, они представляют опасность как для воздушного судна, так и для летного экипажа и пассажиров на борту. В значительной степени метеорологические условия определяют эксплуатационные возможности воздушного транспорта и, при долгосрочном анализе, определяют безопасность выполнения полетов и процедур (на каждом этапе от взлета, через

условия полета, до посадки), а также величину и частоту задержек воздушного движения, которые имеют очевидное экономическое и социальное значение [7]. Надлежащее навигационное оборудование в аэропортах и обеспечение самолетов бортовым оборудованием, взаимодействующим с наземным оборудованием, позволяют выполнять полеты в различных и часто сложных метеорологических условиях. Для четкого определения условий, при которых могут выполняться такие операции, для каждого аэродрома установлены минимальные погодные условия, при которых могут быть выполнены взлет или посадка.

Несмотря на все меры предосторожности, не следует недооценивать плохие погодные условия, поскольку в истории авиации имели место авиационные происшествия, причиной которых были плохие метеорологические условия. Здесь также следует отметить, что причины авиационного происшествия часто разнообразны и зависят не только от одного фактора, включая погодные условия.

В статье в качестве важного аспекта, который может повлиять на полет была выбрана видимость. Основная цель статьи - представить количественный анализ влияния видимости на возможность выполнения полетов по различным категориям системы посадки по приборам.

Авиационное происшествие и инцидент

Для лучшего понимания теории необходимо описать определения авиационного происшествия и инцидента, как они определены в Приложении 13, опубликованном Международной организацией гражданской авиации (позже именуемой «ИКАО»). В Приложении 13 ИКАО основное внимание уделяется расследованию авиационных происшествий и инцидентов и дается определение авиационных происшествий и инцидентов [8]. Авиационное происшествие — это событие, связанное с эксплуатацией воздушного судна, при котором человек получает смертельные или серьезные травмы или воздушное судно получает повреждения или разрушение конструкции, требующее ремонта или когда воздушное судно пропало без вести или доступ к нему невозможен. Инцидент определяется в Приложении 13 как «Событие, отличное от авиационного происшествия, связанное с эксплуатацией воздушного судна, которое влияет или могло бы повлиять на безопасность эксплуатации». Серьезный инцидент определяется как «Инцидент, связанный с обстоятельствами, указывающими на высокую вероятность авиационного происшествия» [9].

В литературе содержится множество результатов исследований авиационных событий и возникновения авиационных происшествий и инцидентов из-за метеорологических условий. Одно из них направлено на учет событий в зависимости от этапа полета воздушного. Исследование [10] основано на результатах проведенного в период с 2009 по 2018 год обзора авиационных событий, которое показало, что посадка и заход на посадку являются наиболее вероятными этапами возникновения авиационных происшествий (Рисунок 1).



Рисунок 1. Происшествия, связанные с погодой, по этапам полета за 2009-2018 годы [10].

Другие данные показывают, что плохие метеорологические условия являются причиной 40% авиационных происшествий. Из них 40% были на 66% вызваны плохой видимостью и низкой облачностью [21]. Доказательством того, что плохая видимость представляет особенно высокий риск, является авиационная катастрофа рейса PLL LOT149 1969 года, в которой пилот воздушного судна проигнорировал информацию о видимости, которая снизилась до 400 м. Допустимая минимальная видимость на тот момент составляла 1100 м. В результате правое крыло самолета задело дерево, и все воздушное судно накренилось вправо под углом 45 градусов. В авиакатастрофе никто не погиб, но поврежденный самолет был выведен из строя для дальнейшей эксплуатации. Причиной аварии стал заход на посадку ниже допустимых минимумов видимости.

20 июня 2011 года, катастрофа самолёта Ту-134А-3 RA-65691, принадлежащий ЗАО Авиакомпания "РусЭйр". При выполнении рейса по маршруту: Домодедово – Петрозаводск, при заходе на посадку в аэропорту Петрозаводск, воздушное судно столкнулось с деревьями, самолет с развивающимся правым креном пролетел еще 510 метров и столкнулся с бруствером дороги практически в перевернутом положении (крен более 90°) и разрушился на удалении 830м от торца ВПП. Причиной авиационного происшествия явился заход на посадку в условиях, хуже метеорологических минимумов аэродрома, самолета и КВС для захода на посадку по системе ОСП с фиксированной ТВГ из-за непринятия экипажем решения об уходе на второй круг и снижение самолета ниже установленной минимальной безопасной высоты при отсутствии визуального контакта с огнями приближения и наземными ориентирами, что привело к столкновению самолета с деревьями и землей в управляемом полете.

Выбранные авиационные происшествия являются лишь примерами инцидентов, на которые метеорологические условия оказали значительное влияние. Однако важно отметить, что плохие метеорологические условия не считались основной причиной этих происшествий.

Система инструментального захода на посадку

Система посадки по приборам (позже получившая название "ILS") определяется как система точного захода на посадку на основе двух радиолучей, которые в совокупности обеспечивают как вертикальное, так и горизонтальное наведение во время захода на посадку. ILS - распространенная и одна из самых популярных на сегодняшний день радионавигационных систем посадки в самых сложных метеорологических условиях [41]. Это радионавигационная система, поддерживающая процедуры посадки, полезные в условиях ограниченной видимости [42]. Ее работа включает в себя наведение самолета с предельной дальности до определенной точки на траектории глиссады или приземления. Категории ILS определяют высоту принятия решения, выраженную в метрах, и дальность видимости на ВПП – RVR. Существуют категории ILS и значения высоты принятия решения (DH) и видимости ВПП для каждой системы (Рисунок 2).

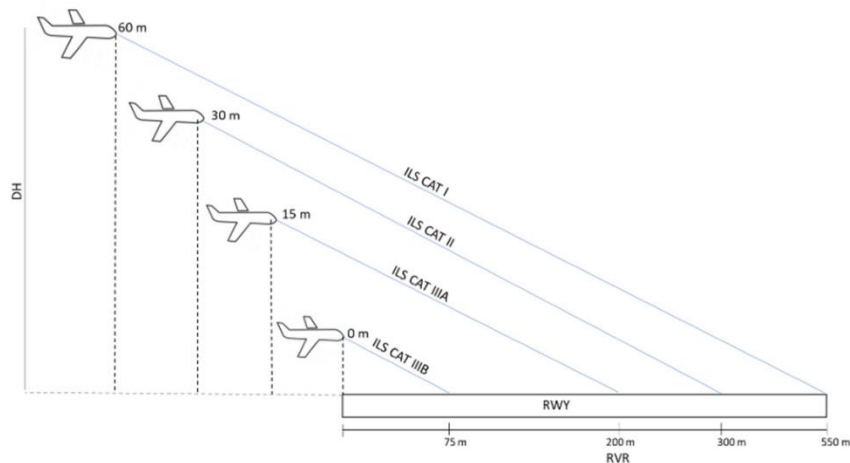


Рисунок 2. Категории ILS.

I для высоты принятия решения 60 м (системные минимумы) и дальности видимости RVR 550 м;

II для высоты принятия решения 30 м и дальности видимости RVR 300 м;

IIIА для высоты принятия решения 15 м и дальности видимости RVR 200 м.;

IIIВ для высоты принятия решения 0 м и дальности видимости RVR 75 м.

Оценка влияния категории ILS на выполнение посадки в выбранном аэропорту

Для исследования был выбран аэропорт Модлин в Варшаве. Данный аэропорт имеет категорию захода на посадку ILS CAT II. Это позволяет выполнять посадку с RVR не менее 300 м и вертикальной видимостью не менее 30 м (100 футов).

Для оценки влияния навигационного оборудования аэропорта на выполнение полетов были проанализированы сводки METAR, содержащие текущие данные о погоде, такие как видимость RVR и вертикальная видимость. Сводки METAR выпускаются для аэропорта независимо от авиаперевозчика. Данные RVR и вертикальной видимости были извлечены из каждой сводки за каждый день и час. Затем был проведен количественный анализ для определения возможности выполнения посадочных операций с конкретным оборудованием ILS. Из-за неблагоприятных метеорологических условий это позволило рассчитать общее время проведения посадочных операций.

На рисунке 3 показана видимость на ВПП (RVR) в выбранные дни 2023 и 2024 годов (красная линия означает допустимую минимальную видимость RVR, в то время как синие прямоугольники указывают фактическую видимость). 23 октября 2023 года преобладали наихудшие условия 2023 года. Для сравнения указана видимость RVR на 23 октября 2024 года. Из этого рисунка видно, что посадка самолета в этот день была приостановлена из-за недостаточной видимости RVR в течение 9,5 часов. Если бы на взлетно-посадочной полосе были установлены ILS категории IIIА, это время сократилось бы всего до 2 часов. С другой стороны, если бы существовала система категории I, то это время увеличилось бы до 12 ч. Самый длительный период, в течение которого видимость была ниже допустимых значений, длился с 2:00 до 8:30. Наименьшая видимость была зарегистрирована в 2:00 и 2:30 ночи и составила 150 м. Часы, когда видимость вдоль взлетно-посадочной полосы составляла более 2000 м и не была значимой с оперативной точки зрения, были опущены из рисунка 4.

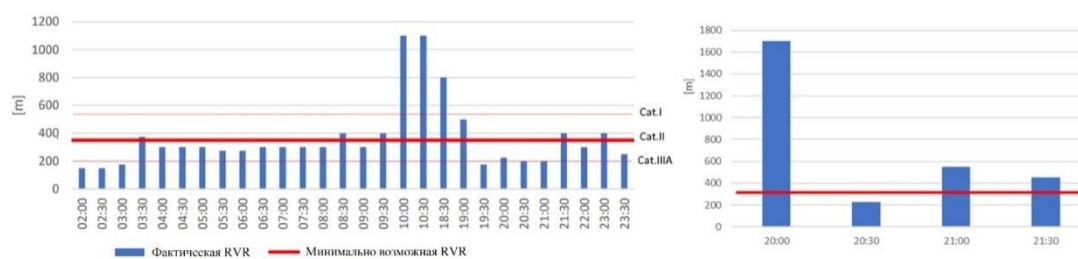


Рисунок 3. RVR в аэропорту Модлин 23.10.2023 и 23 октября 2024 года.

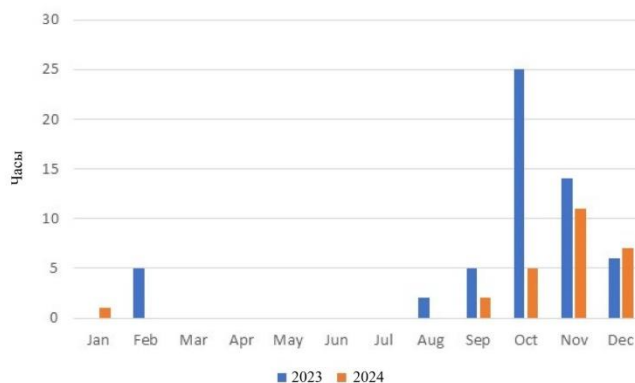


Рисунок 4. Количество часов в месяц с сокращением объема полетов в 2023 и 2024 годах.

Исследование показывает, что посадки в 2023 году не могли быть выполнены в течение 60,5 часов. На рисунке 4 показаны месяцы, в которые посадки приостанавливались чаще всего. Этот анализ отражает, что количество часов, в течение которых посадки не могли быть выполнены, было максимальным в октябре. Ухудшение видимости в основном происходило в осенний период. Падение видимости ниже допустимых значений было минимальным для других времен года. С марта по июль воздушные суда могли выполнять посадку без каких-либо перерывов.

Заключение

В статье представлен количественный анализ, показывающий важность видимости на ВПП для выполнения посадки с использованием ILS. Принятые допущения относительно видимости не включают факторы, влияющие на видимость, а именно удержание определенных воздушных масс, температуру и влажность воздуха, а также местный микроклимат в окрестностях аэропорта. Прогнозирование явлений, снижающих видимость, является важной задачей для выполнения полетов. В современной авиации для пилотирования самолета даже в самых сложных погодных условиях используются самые современные технологии. Тем не менее, визуальная оценка ситуации вокруг, производимая пилотом во время взлета, посадки и самого полета, остается ключевым элементом безопасности полетов.

Таким образом, очевидно, что явления, ограничивающие видимость, фундаментальным образом влияют на возможность выполнения полетов. Нижняя граница облачности и тип облаков имеют большое значение для безопасности воздушного движения. Представленный анализ дополняет область исследований, касающуюся влияния видимости на выполнение полетов с точки зрения навигационного оборудования аэропорта. Разработанный план действий и установленная вероятность прекращения посадочных операций могут иметь важное значение в рекомендациях авиакомпании по планированию полетов во избежание задержек. Дальнейшие исследования должны быть направлены на установление общего времени работы аэропортов с использованием захода на посадку GNSS.

1. Коваленко, Геннадий Владимирович Летная эксплуатация [Текст] : учебное пособие для студентов образовательных организаций высшего образования / Г. В. Коваленко, А. Л. Микинелов, В. Е. Чепига ; под редакцией д-ра техн. наук, профессора Г. В. Коваленко. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Наука, 2016.
2. Международная организация гражданской авиации (ИКАО). Руководство по всепогодным полетам (Doc 9365). Монреаль: ICAO, 2004. 214 с.
3. Свэттон, Питер Дж. Характеристики воздушного судна: теория и практика. Лондон: Wiley-Blackwell, 2008. 488 с.
4. Отчет EUROCONTROL по обзору эффективности — оценка организации воздушного движения в Европе в течение 2014, 2015, 2016 календарных годов; Технический отчет; Комиссия по обзору эффективности: Брюссель, Бельгия, 2017.
5. Международная организация гражданской авиации (ИКАО). Руководство по расследованию авиационных происшествий и инцидентов: Приложение 13 к Конвенции о международной гражданской авиации. Монреаль: ICAO, 2023. 120 с.
6. Серьезный инцидент [Электронный ресурс]. сайт: <https://skybrary.aero/articles/serious-incident> (дата обращения: 23 июля 2024 года).
7. Лонг, Т. Анализ данных об авариях и инцидентах, связанных с погодой, связанных с операциями по разделу 14 CFR, часть 91. Coll. Aviat. Rev. Int. 2022.
8. Национальный совет по безопасности на транспорте (NTSB). Исследование авиационных происшествий, связанных с погодой. Вашингтон: NTSB, 2015. 75 с.
9. Авиационная радионавигация. Справочник. — Москва: Транспорт, 1990. — 264 с.
10. Международная организация гражданской авиации (ИКАО). Авиационная электросвязь. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. Том I: Радионавигационные средства. Монреаль: ICAO, 2006. 220 с.

Кириллов Д.О.

Обзор текущего состояния физики обледенения и смягчения его последствий в авиации

*Независимый исследователь
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-304

Аннотация

Обледенение самолета является причиной многочисленных негативных последствий для аэродинамических характеристик. Хотя и проблема была обнаружена в 1920-х годах, обледенение по-прежнему остается областью постоянных исследований из-за сложности происходящих явлений. Цель статьи - обобщить текущие исследования в области обледенения самолетов по двум фундаментальным темам: физике обледенения и методам предотвращения обледенения. Рассмотренные методы предотвращения обледенения основаны на активных, пассивных и гибридных методах. К активным методам предотвращения обледенения относятся методы, основанные на термических и механических методах, которые в настоящее время используются на самолетах. Обсуждаемые методы пассивного смягчения последствий основаны на текущих исследованиях в области химических веществ.

Ключевые слова: обледенение воздушных судов; защита от обледенения; обледенение; физика обледенения; предотвращение обледенения; обледенелое покрытие; нагрев; аэродинамическая труба при обледенении; энергопотребление; кристаллическое обледенение.

Abstract

Icing on an aircraft is the cause of numerous adverse effects on aerodynamic performance. Although the issue was recognized in the 1920s, the icing problem is still an area of ongoing research due to the complexity of the icing phenomena. This review article aims to summarize current research on aircraft icing in two fundamental topics: icing physics and icing mitigation techniques. Icing mitigation techniques reviewed are based on active, passive, and hybrid methods. The active mitigation techniques include those based on thermal and mechanical methods, which are currently in use on aircraft. The passive mitigation techniques discussed are based on current ongoing studies in chemical substances.

Keywords: aircraft icing; anti-icing; deicing; icing physics; icing mitigation; icephobic coating; heating; icing wind tunnel; power consumption; ice crystal icing.

Введение

Обледенение воздушного судна всегда было опасным явлением, поскольку оно приводит к ухудшению аэродинамических характеристик и может приводить к искажению показаний пилотажных приборов [3]. Основное внимание в исследованиях обледенения уделялось нарастанию льда на крыльях, так как это связано с наиболее неблагоприятными последствиями. Когда на крыле покрывается льдом, изменяется форма профиля и нарушается шероховатость поверхности, что приводит к уменьшению подъемной силы и увеличению лобового сопротивления и может привести к катастрофе [2]. Ранние исследования обледенения проводились в основном посредством экспериментов, направленных на понимание физики обледенения и разработку методов предотвращения обледенения [4].

Обледенение возникает из-за столкновения переохлаждённых капель воды, содержащихся в воздухе, с поверхностью воздушного судна. При этом благоприятными условиями для развития обледенения являются низкие температуры около нуля и высокая влажность.

Существуют две разные концепции предотвращения обледенения: противообледенительная и антиобледенительная обработка [4]. Одни методы направлены на предотвращение обледенения в воздухе, другие же направлены на удаление льда с поверхностей воздушного судна [4]. В настоящее время доступно и используются разные

методы предотвращения обледенения воздушных судов. Тем не менее, все еще проводятся значительные исследования, направленные на улучшение существующих методов и разработку новых систем предотвращения обледенения.

Цель данной статьи - обобщить текущие знания о физике обледенения и методах уменьшения влияния на воздушные суда.

Физика обледенения

Воздействие переохлажденных капель воды на поверхность ВС вызывает обледенение различных частей самолета, но наиболее значительным является обледенение крыла. В зависимости от условий, таких как температура, воздушная скорость и размер капель воды, наледь образуется в виде инея, изморози и льда [1]. Иней, вероятно, образуется, когда водяной пар сублимируется, то есть переходит из состояния пара в кристаллы. При другом условии, когда капли воды замерзают лишь частично при ударе (например, когда температура ниже, но близка к 0°C), на поверхности образуется изморозь. И наконец лед образуется при более высокой температуре, когда переохлажденные капли полностью замерзают. Эти ледяные образования можно увидеть по обледенению, вызванному переохлажденными каплями воды диаметром до 40 мкм. Однако, если диаметр капель превышает 40 мкм, известных как переохлажденные крупные капли, необходимы исследования, чтобы понять особенности образования льда. Ниже представлены последние исследования в области обледенения после представления текущих схем моделирования обледенения.

Инструменты моделирования обледенения стали доступны в 1990-х годах [5]. Первоначальная функция этих инструментов заключалась в прогнозировании формы льда на двумерном профиле на основании условий окружающей среды. Традиционное моделирование обледенения начинается с определения эффективности попадания воды на поверхность, которая показывает, как часто капли воды попадают на аэродинамический профиль. Этот расчет часто относится к расчету траектории капли [6]. При расчете траектории капли есть два способа учесть размер капель воды [7]. Один из способов - использовать распределение капель по диаметру, такое как распределение Ленгмюра D [8]. В другом исследовании рассматривается один диаметр капли, называемый средним объемным диаметром [7]. После того, как известно количество падающих капель, учитывается баланс энергии и массы в контрольном объеме на поверхности аэродинамического профиля, как показано на рисунке 1. Модель энергетического баланса, основанная на термодинамике для неотапливаемой поверхности, была предложена Мессингером. Сохранение массы учитывается исходя из количества жидкой воды в контрольном объеме. Масса, поступающая в контрольный объем, состоит из падающих капель воды, $m_{\text{пад}}$ и потока воды из соседнего сегмента в верхнем течении, $m_{\text{пер}}$. Напротив, выходящая масса делится на нарост льда, $m_{\text{л}}$; поток воды выходящий, $m_{\text{вых}}$; и испарение, $m_{\text{исп}}$.

$$m_{\text{пад}} + m_{\text{пер}} = m_{\text{л}} + m_{\text{исп}} + m_{\text{вых}} \quad \#(1)$$

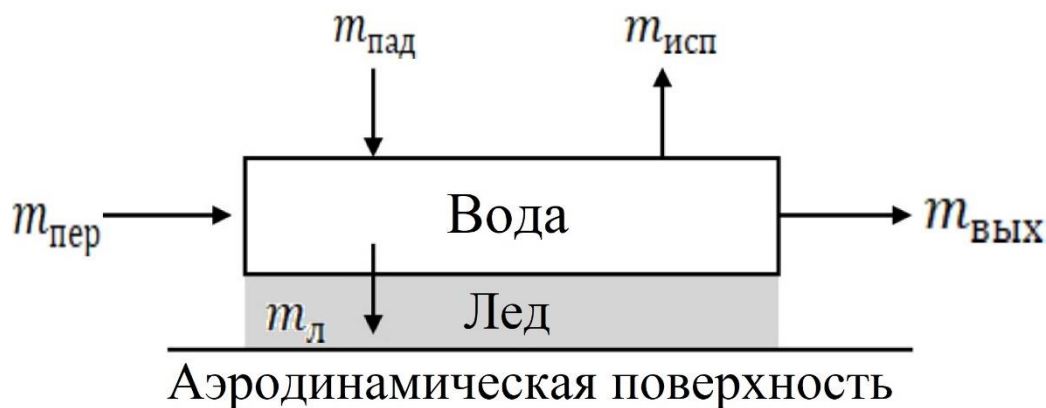


Рисунок 1. Схема параметров сохранения массы в модели Мессингера.

Путем введения доли замерзания, f , в баланс массы, массу нароста льда и потока воды вниз по течению можно выразить как

$$m_{\text{л}} = f(m_{\text{пад}} + m_{\text{пер}} - m_{\text{исп}}) \quad \#(2)$$

$$m_{\text{вых}} = (1 - f)(m_{\text{пад}} + m_{\text{пер}} - m_{\text{исп}}) \quad \#(3)$$

Доля замерзания представляет собой количество падающих капель, которые замерзают в заданном контрольном объеме по сравнению с общей массой поступающей воды. Она используется для определения типа наросшего льда в зависимости от его величины. Когда f равно 1,0, наросший лед классифицируется как иней. Напротив, когда f близко к 0, отложения классифицируются как лед.

Для описания явления образования льда можно воспользоваться уравнением теплового баланса:

$$Q_{\text{конв}} + E_{\text{к}} + Q_{\text{скрыт}} + Q_{\text{ощут}} = 0 \quad \#(4)$$

- где $Q_{\text{конв}}$ – теплота конвекции;
 $E_{\text{к}}$ – кинетическая энергия капель воды;
 $Q_{\text{скрыт}}$ – скрытая теплота;
 $Q_{\text{ощут}}$ – ощутимая теплота.
 $Q_{\text{конв}}$ и $E_{\text{к}}$ определяются следующим образом:

$$Q_{\text{конв}} = h_{\text{конв}}(T_{\text{в}} - T_{\text{б}}) \quad \#(5)$$

$$E_{\text{к}} = \frac{m_{\text{к}} u_{\text{к}}^2}{2} \quad \#(6)$$

- где $h_{\text{конв}}$ - коэффициент конвективной теплопередачи;
 $T_{\text{в}}$ - температура восстановления воздушного потока;
 $T_{\text{б}}$ - температура баланса контрольного объема;
 $m_{\text{к}}$ – масса капель;
 $u_{\text{к}}$ – скорость падающих капель.
Скрытая теплота определяется, как:

$$Q_{\text{скрыт}} = Q_{\text{замерз}} + Q_{\text{испар}} \quad \#(7)$$

$$Q_{\text{замерз}} = L_{\text{з}} f(m_{\text{пад}} + m_{\text{пер}}) \quad \#(8)$$

$$Q_{\text{испар}} = -L_{\text{исп}} m_{\text{исп}} \quad \#(9)$$

- где $Q_{\text{замерз}}$ – скрытая теплота замерзания;
 $Q_{\text{испар}}$ - скрытая теплота испарения или сублимации;
 $L_{\text{з}}$ и $L_{\text{исп}}$ - скрытая теплота замерзания и испарения или сублимации на килограмм соответственно.

$Q_{\text{ощут}}$ изменяется со временем и температурой. Для процесса образования льда в контрольном объеме предполагается, что температура поступающей воды повышается до температуры замерзания $T_{\text{з}}$ после чего лед и незамерзшая вода достигают равновесной температуры $T_{\text{р}}$. Поскольку поступающая вода складывается из капель в результате

столкновения и потока воды из соседнего сегмента в восходящий поток, обозначения, связанные с нагревом, следующие:

$$Q_{\text{ощ,пад}} = m_{\text{пад}} c_v (T_{\text{пад}} - T_3) \quad \#(10)$$

$$Q_{\text{ощ,пер}} = m_{\text{пер}} c_v (T_{\text{пер}} - T_3) \quad \#(11)$$

где c_v – удельная теплоемкость воды.

$$Q_{\text{ощ,л}} = m_{\text{л}} c_v (T_3 - T_p) \quad \#(12)$$

$$Q_{\text{ощ,вых}} = m_{\text{вых}} c_v (T_3 - T_p) \quad \#(13)$$

Наконец, осязаемое выделение тепла можно получить из следующего уравнения:

$$Q_{\text{ощут}} = Q_{\text{ощ,пад}} + Q_{\text{ощ,пер}} + Q_{\text{ощ,л}} + Q_{\text{ощ,вых}} \quad \#(14)$$

Методы борьбы с обледенением

1) Тепловой метод

Термический метод заключается в использовании тепла для повышения температуры поверхности с целью предотвращения обледенения или плавления наростшего льда. Тепло может вырабатываться либо выхлопными газами двигателя (горячим воздухом), либо электрическим нагревателем, встроенным под поверхность крыла. Тепловой метод является наиболее широко используемым методом предотвращения обледенения крыльев. Для системы выпуска воздуха требуется 2,5~5% массового расхода воздуха основного двигателя в соответствии с [9]. Такое извлечение энергии способствует увеличению расхода топлива. Следовательно, желательно снизить потребление энергии. Электротермический метод используется для неподвижных крыльев, пропеллеров и несущих винтов вертолетов, где невозможно установить систему выпуска воздуха. Однако, поскольку электроэнергия обеспечивается бортовыми генераторами и, следовательно, ограничена во время полета [10], необходимо снизить потребление энергии.

2) Механический метод

Механические методы состоят в том, что к наростшему льду прикладывается механическое усилие для разрушения и удаления льда с поверхности. Поскольку он допускает образование определенного количества льда, этот метод предотвращения обледенения считается противообледенительным. Одной из типичных механических систем предотвращения обледенения является пневматическая система (рисунок 2). К поверхности передней кромки крыла прикреплен лист резины, который при надувании сжатым воздухом разбивает нарост льда. По сравнению с термическим методом эта система имеет преимущества в малом весе и низкой стоимости [10]. Поэтому на летательных аппаратах, таких как вертолеты, используются пневматические системы из-за ограниченного веса и источника энергии.

3) Химический метод

Химический метод использует химические свойства вещества либо для снижения температуры замерзания, либо для снижения адгезии льда для предотвращения обледенения. Первый вариант применяется на земле перед полетом [9]. В зависимости от смеси химических жидкостей этот метод может быть как противогололедным, так и антиобледенительным. Противообледенительная жидкость состоит из этилена или пропиленгликоля и горячей воды и используется для удаления наростшего льда.

Заключение

Обледенение самолета представляет собой серьезную угрозу безопасности полетов. В ходе исследования физики обледенения самолетов и методов предотвращения обледенения самолетов, основное внимание в большинстве своем уделялось получению знаний о деталях, лежащих в основе физики обледенения, и совершенствованию методов предотвращения обледенения с точки зрения энергопотребления. Однако знания о процессе обледенения кажутся недостаточно полными из-за короткой истории исследовательской деятельности. Следовательно, основной способ предотвращения образования кристаллов льда на поверхностях воздушного судна – это избегать полета в условиях обледенения. Дальнейшие исследования должны быть направлены на целенаправленное изучение процесса образования льда на поверхности и разработку новых противообледенительных систем

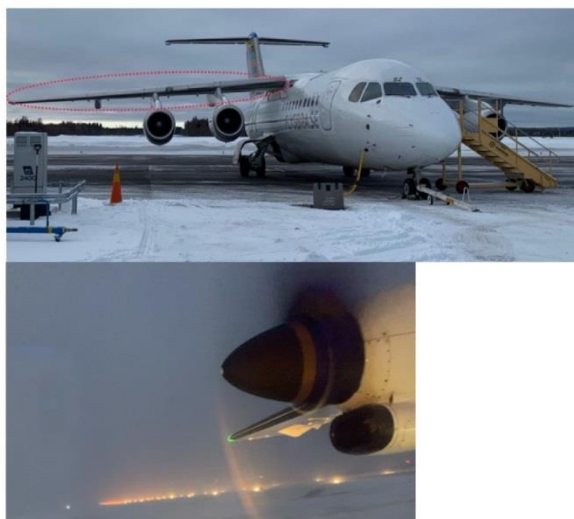


Рисунок 2. Пример пневматической противообледенительной системы.

1. Лещенко Г.П., Перцель Г.В., Лещенко Е.Г. Метеорологическое обеспечение полетов: Учебное пособие (3-е изд. перераб. и доп.). –Кировоград: ГЛАУ, 2010. –184 с.
2. Николаев Л. Ф. Аэродинамика и динамика полёта транспортных самолётов : учебник для вузов / Николаев Л. Ф. - М. : Транспорт, 1990. - 391 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 385.
3. Перкинс П.Дж.; Рике В.Дж. Проблемы обледенения самолетов — спустя 50 лет. В материалах 31-го совещания и выставки по аэрокосмическим наукам, Рино, Невада, США, 1993 г.
4. Томас, С.К.; Кассони, Р.П.; Макартур, К.Д. Методы и моделирование борьбы с обледенением самолетов. J. Aircr. 1996.
5. Leary, W.M. We Freeze to Please: A History of NASA's Icing Research Tunnel and the Quest for Flight Safety; NASA: Washington, DC, USA, 2002.
6. Гент, Р.В.; Дарт, Н.П.; Кэнсдейл, Дж. Т. Обледенение самолетов. Философия. Пер. С англ. Соч. Последнее издание. Сер. Математика. Phys. Eng. Sci. 2000.
7. Андреев Г.Т., Васин И.С. Исследования влияния обледенения на аэродинамические характеристики гражданских самолетов в обеспечение безопасности летной эксплуатации // Научный вестник МГТУ ГА. 2006. №97.
8. Ленгмюр И.; Блуджетт К.Б. Математическое исследование траекторий капель воды; Постановление армейских ВВС № 5418; Военно-воздушные силы армии США: Вашингтон, округ Колумбия, США, 1946.
9. Миляев К.Е., Семенов С.В., Балакирев А.А. Обзор способов борьбы с обледенением в авиационных двигателях // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2019. №59.
10. Корабейников, Д. Н. Основы авиационной техники : учебное пособие / Д. Н. Корабейников, В. А. Ренкавик, А. А. Худяков. — Москва : РТУ МИРЭА, 2019 — Часть 2 — 2019. — 121 с.

**Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г.,
Мардарьев С.Н., Мардарьева Н.В.**

**Использование сквозных цифровых технологий с элементами нейросети /
искусственного интеллекта в современном производстве**

*Удмуртский государственный аграрный университет
(Россия, Ижевск)*

*РГАУ-ТСХА имени К.А. Тимирязева
(Россия, Москва)*

*Чувашский государственный аграрный университет
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-305

Аннотация

Сквозные цифровые технологии (СЦТ) – это часть технологического процесса производства товаров, оказания услуг и выполнения работ. За счет внедрения элементов нейросетей или искусственного интеллекта обеспечивается выполнение мониторинга

этологических реакций животных без непосредственного участия человека. Функции человека сводятся к периодическому контролю этого процесса и своевременному принятию мер для повышения продуктивности животных.

Ключевые слова: сквозные цифровые технологии, элементы нейросети, элементы искусственного интеллекта, этологические, поведенческие реакции животных, машинное (техническое) зрение, компьютерное зрение

Abstract

End-to-end digital technologies (EDT) are part of the technological process of producing goods, providing services and performing work. By introducing elements of neural networks or artificial intelligence, monitoring of ethological reactions of animals is ensured without direct human participation. Human functions are reduced to periodic monitoring of this process and timely adoption of measures to increase animal productivity.

Keywords: End-to-end digital technologies, neural network elements, artificial intelligence elements, ethological, behavioral reactions of animals, machine (technical) vision, computer vision

Актуальность. Сквозные цифровые технологии (СЦТ) – это часть технологического процесса производства товаров, оказания услуг и выполнения работ [1, 2, 3], СЦТ представляет собой совокупность процессов и методов поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления и распространения информации для повышения точности характеристик технологического процесса; для повышения качества производимых товаров, оказываемых услуг и выполняемых работ, для снижения издержек при производстве товаров [4, 5, 6]. К основным сквозным цифровым технологиям в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.05.2019 N 549 относятся [1]: искусственный интеллект; новые производственные технологии; робототехника и сенсорика; интернет вещей и др. сквозные цифровые технологии, установленные Правительством Российской Федерации на момент выполнения работ. Актуальность использования сквозных цифровых технологий с применением искусственного интеллекта для управления работой оборудования в энергоэффективном режиме обусловлена влиянием цифровой экономики на подготовку востребованных специалистов в современном мире, в том числе и в АПК. Большинство низкоквалифицированных работ, рутинных и прочих операций можно автоматизировать и эти функции возложить на роботов, контролировать работой которых будет искусственный интеллект или нейросеть, что соответствует требованиям Индустрии 4.0. Нейронная сеть — это элемент искусственного интеллекта, который учит компьютеры обрабатывать данные таким же способом, как и человеческий мозг. Нейросеть — это компьютерная система, которая имитирует работу нейронов в мозге человека. Она состоит из множества «нейронов», соединённых между собой и передающих информацию по цепочке. Нейросети используются во многих сферах для решения различных задач, в том числе для распознавания образов, обработки речи и прочего. За счет внедрения элементов нейросетей или искусственного интеллекта обеспечивается выполнение производственного процесса без непосредственного участия человека. Функции человека сводятся к периодическому контролю процесса.

Различают сильный/человекоподобный искусственный интеллект и слабый/специальный искусственный интеллект. Сильный /человекоподобный искусственный интеллект (Strong AI, Super-AI) – интеллектуальный алгоритм, способный решать широкий спектр интеллектуальных задач как минимум наравне с человеческим разумом. Слабый/специальный искусственный интеллект (Narrow AI, Weak AI) – интеллектуальный алгоритм, имитирующий человеческий разум в решении конкретных узкоспециализированных задач. Смежные области использования искусственного интеллекта – технологии и технологические решения, в которых искусственный интеллект используется в качестве

обязательного, включая робототехнику и управление беспилотным транспортом. Мы используем элементы нейротехнологии искусственного интеллекта для разработки энергосберегающих технологий [1, 7, 8]: В СЦТ выделяют три составляющие: сбор данных; передача и хранение этих данных: анализ полученных данных и принятие решения за счет использования нейросетей/ искусственного интеллекта [9, 10, 11].

Материалы и методы. Для распознавания образов используется техническое машинное зрение [12, 13, 14]. Машинное зрение – ключевой элемент Индустрии 4.0. Используя камеры, датчики и мощные компьютеры, машинное зрение распознает и анализирует изображения. С помощью цифровых автоматизированных систем управления быстро обнаруживаются неисправные детали, появляется возможность работать со множеством объектов в режиме 24/7 и проводить практически мгновенный анализ ситуации и т.д. Это преимущество технического зрения перед глазом человека, который при длительной монотонной работе «замыливается». Тем не менее, люди обладают тонким восприятием в течение короткого периода времени и большей гибкостью в классификации и адаптации к поиску новых дефектов.

Результаты экспериментов. Мы предлагаем использовать нейросеть для мониторинга поведенческих (этологических) реакций в промышленном животноводстве [15, 16, 17]. Можно выделить следующие этологические реакции: 1) животное ищет корм, выделяет слюну (недостаток пищи); 2) тяжело дышит, передняя часть корпуса выше, чем задняя (высокая температура); 3) корова не может встать (ветеринарные проблемы - суставы); 4) сидит у поилок, голова запрокинута вперед (недостаток воды); 5) настороженные уши и глаза (ветеринарные проблемы); 6) в положении стоя – ноги в стороны, хромота при ходьбе (ветеринарные проблемы). Поведенческие реакции необходимо непрерывно регистрировать в режиме реального времени, что приводит к необходимости архивирования полученных данных [18, 19]. Рекомендуется использовать цифровые системы видеонаблюдения благодаря высокому качеству видеоизображения, возможности масштабирования кадра, а также высокой скорости доступа к видеоархиву. На сегодняшний день широко используются IP-камеры: они передают сигнал по IP сетям, работают автономно, можно наблюдать за объектом через встроенный сервер на компьютере или ноутбук в любом месте, где есть доступ в Интернет.

Заключение. Использование сквозных цифровых технологий с применением искусственного интеллекта позволяет мониторить состояние животных в режиме реального времени [20, 21, 22]. Внедрение элементов нейросети или искусственного интеллекта осуществляется мониторинга этологических реакций животных без непосредственного участия человека. Функции человека сводятся к периодическому контролю этого процесса и своевременному принятию мер для повышения продуктивности животных.

1. Указ Президента РФ от 10.10.2019 N 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»)
2. Kondrateva, N.P. Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttings / Kondrateva N.P., Akhatov R.Z., Bolshin R.G., Krasnolutsкая M.G., Selunskiy V.V. // Light & Engineering. 2023. Т. 31. № 6. С. 57-64.
3. Кондратьева, Н.П. Использование цифровых технологий для эффективного управления электротехнологическими облучательными установками / Кондратьева Н.П., Шогенов Ю.Х., Зиганшин Б.Г., Ахатов Р.З. // Техника и оборудование для села. 2022. № 4 (298). С. 40-43.
4. Кондратьева, Н.П. Разработка схемы управления цифровым автоматизированным (роботизированным) устройством приготовления пищи с FDM технологией 3D печати и лазерным излучением / Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Ахатов Р.З. // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве. Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко. Саратов, 2023. С. 165-172.
5. Осокина. А.С. О регулировании параметров микроклимата личинок большой восковой моли (G. MELLONELLA L.) / Осокина А.С., Кондратьева Н.П., Ваштиев В.К., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г.,

- Мардарьев С.Н., Мардарьева Н.В. // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Чебоксары, 2024. С. 87-92.
6. Осокина. А.С. Методика исследования параметров микроклимата личинок большой восковой моли (G. MELLONELLA L.) / Осокина А.С., Кондратьева Н.П., Ваштиев В.К., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Мардарьев С.Н., Мардарьева Н.В. // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Чебоксары, 2024. С. 99-105.
 7. Кондратьева, Н.П. Управление факторами развития G.MELLONELLA энергосберегающими технологиями для создания технологической линии воспроизводства / Кондратьева Н.П., Осокина А.С., Ваштиев В.К., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. // Пермский аграрный вестник. 2023. № 1 (41). С. 99-107
 8. Ovchukova, S. Digital technologies for the implementation of intelligent diagnostics of the insulation of power supply systems with insulated neutral in operating mode / Ovchukova S., Kondratieva N.P., Shishov A.A. // Advances of Machine Learning in Clean Energy and the Transportation Industry. Сер. "Computer Science, Technology and Applications" New York, 2021. С. 49-56.
 9. Кондратьева, Н.П. Модернизация цифровой системы автоматического управления электроустройства с использованием элементов искусственного интеллекта /Кондратьева Н.П., Большин Р.Г.//Тенденции развития науки и образования. 2024. № 106-9. С. 38-42.
 10. Башилов, А.М. Способ дистанционной фиксации и обездвиживания животных и устройство для его осуществления / Башилов А.М., Королев В.А., Беляков М.В., Сторчевой В.Ф., Судник Ю.А. // Патент на изобретение RU 2800512 C1, 21.07.2023. Заявка № 2022118726 от 08.07.2022.
 11. Башилов, А.М. Аэромобильные устройства в технологиях пастбищного животноводства / Башилов А.М., Королев В.А. // Вестник аграрной науки Дона. 2023. Т. 16. № 1 (61). С. 54-65.
 12. Башилов, А.М. Беспилотные технологии в системах аграрного производства / Башилов А.М., Королев В.А. // Вестник НГИЭИ. 2023. № 5 (144). С. 43-56.
 13. Башилов, А.М. Аэрокоптерное управление поведением животных / Башилов А.М., Королев В.А. // Вестник НГИЭИ. 2022. № 3 (130). С. 37-49.
 14. Кондратьева, Н.П. Инсектарий для разведения большой восковой моли / Кондратьева Н.П., Ваштиев В.К., Шишов А.А., Большин Р.Г., Ахатов Р.З., Краснолуцкая М.Г., Батурин А.И., Ваштиева А.В., Батурина К.А., Осокина А.С. // Патент на полезную модель RU 219658 U1, 31.07.2023. Заявка № 2023113608 от 25.05.2023.
 15. Kondrateva, N.P. The synergistic effect for managing the sowing qualities of alfalfa seeds with elements of a neural network to control the dose of ufoS / Kondrateva N., Akhatov R., Bolshin R., Krasnolutskaia M., Dukhtanova N., Selunsky V., Netesov S. // AgroEcoInfo. 2023. Т. 5. № 59. С. 43.
 16. Кондратьева, Н.П. Управление факторами развития G.MELLONELLA энергосберегающими технологиями для создания технологической линии воспроизводства / Кондратьева Н.П., Осокина А.С., Ваштиев В.К., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. // Пермский аграрный вестник. 2023. № 1 (41). С. 99-107
 17. Ян Гулсен, Сигналы коров. [Электронный ресурс]: Vetvice. – база данных. Режим доступа https://www.msds-animal-health.ru/species/cattle/useful_reading/ (Дата обращения 19.07.2024)
 18. Ovchukova, S. Digital technologies for the implementation of intelligent diagnostics of the insulation of power supply systems with insulated neutral in operating mode / Ovchukova S., Kondratieva N.P., Shishov A.A. // Advances of Machine Learning in Clean Energy and the Transportation Industry. Сер. "Computer Science, Technology and Applications" New York, 2021. С. 49-56.
 19. Камеры видеонаблюдения [Электронный ресурс]: RVi.- база данных. Режим доступа https://rvigroup.ru/products/resheniya_tm_rvi/fiksatsiya_video/videokamera_setevye/analitika_s_klassifikatsiy_obe ktov - Загр. с экрана. (Дата обращения – 22.07.24)
 20. Осокина, А.С. Результаты исследования параметров микроклимата личинок большой восковой моли (G. MELLONELLA L.) / Осокина А.С., Кондратьева Н.П., Ваштиев В.К., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Мардарьев С.Н., Мардарьева Н.В. // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Чебоксары, 2024. С. 106-112.
 21. Осокина, А.С. О морфологических параметрах личинок большой восковой моли (G. MELLONELLA L.) / Осокина А.С., Кондратьева Н.П., Ваштиев В.К., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Мардарьев С.Н., Мардарьева Н.В. // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Чебоксары, 2024. С. 306-311.
 22. Осокина, А.С. Инсектарии для выращивания личинок большой восковой моли (G. MELLONELLA L.) / Осокина А.С., Кондратьева Н.П., Ваштиев В.К., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Мардарьев С.Н., Мардарьева Н.В. // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Чебоксары, 2024. С. 92-99.
-

Постовой А.А.

Общие экологические требования к строительству

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства
(филиал) ДГТУ в г. Шахты Ростовской области
(Россия, Шахты)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-306

Научный руководитель: Меренкова Н.В. I

Аннотация

В данной статье представлены общие экологические стандарты и требования, применяемые в РФ и в других странах. Обоснованы возможные пути повышения темпов развития экологичного строительства в РФ.

Ключевые слова: экология, строительство, зелёное строительство, окружающая среда.

Abstract

This article presents the general environmental standards and requirements applied in the Russian Federation and in other countries. Possible ways to increase the pace of development of eco-friendly construction in the Russian Federation are substantiated.

Keywords: ecology, construction, green construction, environment.

Строительство является неотъемлемой частью истории развития и жизни человечества, с каждым годом разрабатываются все усовершенствованные технологии, материалы, специализированная техника, изменяются процессы выполнения тех или иных работ. Это в свою очередь ведет к росту объемов и масштабов возведения зданий и сооружений различного назначения, как в промышленной, так и в гражданской сфере, что свидетельствует о не прекращении развития данного направления. Но все это негативно сказывается на состоянии окружающей среды, которая страдает от множества отрицательных факторов и последствий выполнения строительных процессов. По данной причине, с каждым годом тенденция развития экологического или как по-другому называют «зеленого» строительства во всем мире стремительно растет.

В связи с этим, целью исследования является определение общих экологических требований к строительству, как в нашей стране, так и за рубежом. Полученные результаты позволят выявить впоследствии наиболее эффективные решения направленные на сохранение окружающей среды при возведении зданий и сооружений.

В рамках данной работы были поставлены следующие задачи:

1. Определить общие экологические требования к организации строительства в РФ и в других странах.
2. Обосновать возможные пути повышения темпов развития экологичного строительства в РФ.

В РФ защиту окружающей среды обеспечивают требования, прописанные в Федеральном законе от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 06.03.2022) «Об охране окружающей среды» в статье 36 «Требования в области охраны окружающей среды при архитектурно-строительном проектировании, строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства», основными положениями которых являются:

- соблюдение норм по предельно допустимым концентрациям загрязняющих веществ для предотвращения их превышения;
- рациональное применение ресурсов и минимизация отходов, в том числе применение безотходного производства;
- использование систем автоматического контроля уровня загрязняющих веществ;

- учёт расходов на мероприятия по охране окружающей среды при составлении смет и планировании бюджета строительства.

Согласно Федеральному закону «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 № 384-ФЗ, лицо ответственное за строительство в обязательном порядке должно обеспечивать контроль за материалами и изделиями, которые применяются при возведении объекта, то есть должны соответствовать требованиям безопасности.

Кроме того, экологические требования к строительству устанавливают Водный кодекс РФ, Лесной кодекс РФ и ряд других Федеральных законов и стандартов: Олимпийский «зелёный» стандарт, СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011, ГОСТ Р 54964-2012.

В настоящее время во всём мире активно набирает популярность «зелёное» строительство предполагающие применение местных природных материалов, а также использование технологий, обеспечивающих минимальное воздействие на окружающую среду. Так, в 1990 г. в Великобритании была создана BREEAM, международная система экологической сертификации объектов недвижимости, затем в 1993 г. в США появилась LEED, а в 2008 г. в Германии DGNB. Стандарты содержат различные требования, направленные на обеспечение организации экологического строительства. Их прохождение какое-то время предполагало добровольный характер, но в настоящее время в некоторых странах сертификация объектов строительства по данным системам начинает переходить в статус закона.

Данное направление хоть и является достаточно дорогим, но перспективы его развития с каждым годом увеличиваются, так как подобные проекты обеспечивают защиту окружающей среды, экономичность потребления ресурсов, комфортность пребывания людей и привлекательность для потенциальных покупателей.

Был выполнен поиск экологических требований к организации строительства в различных странах. К сожалению, в открытом доступе найти какие-то конкретные требования или законы, направленные на организацию экологического строительства за рубежом, практически не удалось. В основном приводятся только общие положения:

1. LEED:

- защита и восстановление местности от последствий ведения работ;
- проектирование систем сбора ливневой воды;
- борьба с эффектом перегретого острова;
- применение местных возобновляемых источников энергии;
- повторное применение, сбор и переработка материалов;
- утилизация строительных отходов;
- региональное использование строительных материалов (в радиусе 800 км);
- озеленение крыш;
- составление программы для предотвращения образования плесени.

2. BREEAM:

- повторное применение земли;
- минимизация долгосрочного воздействия на окружающую среду;
- применение сертифицированных материалов.

Baugesetzbuch:

- осторожное и экономное обращение с водными ресурсами и землей;
- возможность повторной эксплуатации площадей строительства;
- предусматривать использование земельных площадей необходимого размера.

На основе той информации, которую удалось найти, было установлено, что в каждом государстве хоть и приводятся свои рекомендации и требования, направленные на регулирование строительного процесса, но в большинстве случаев все они перекликаются между собой, хоть и могут нести иную трактовку.

Низкие темпы развития «зеленого» строительства в РФ можно исправить путем реализации таких аспектов как:

1. Активное распространение необходимости выполнения современных зданий в соответствии с требованиями данного направления. Достигается путем развития научной базы зеленого строительства и введением в учебную программу методов экологического возведения зданий и сооружений по современным стандартам.
2. Повышение качества подготовки специалистов. Создание узкоспециализированных направлений в государственных обучающих учреждениях.
3. Экономическое поощрение и стимулирование проектов, выполненных в соответствии с экологическими стандартами.
4. Применение и разработка экологически чистых материалов, снижение отходов строительства, а также развитие новых методов технологии возведения зданий и сооружений.
5. Обмен опытом и технологиями с зарубежными странами.

Подводя итоги выше сказанного, следует отметить, что в РФ основная часть современного жилья на данный момент находится далеко от высоких экологических требований, однако перспективы развития строительства, не наносящего вред человеку и окружающей среде в России достаточно высоки. Многочисленные преимущества «зеленого» строительства способствуют расширению возможностей не только частных предпринимателей, организаций, но и всей страны в целом.

1. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2024).
2. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 N 384-ФЗ.

Постовой А.А., Киреев Е.В.

Технология бетонирования конструкций бетононасосом

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства
(филиал) ДГТУ в г. Шахты Ростовской области
(Россия, Шахты)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-307

Научный руководитель: Масленников С.А.

Аннотация

В данной статье представлено описание основных процессов технологии бетонирования конструкций с помощью бетононасоса, на основе которых разработана схема отражающая цикл бетонирования. Актуальность данной работы заключается в том, что это позволит молодым специалистам быстрее и с меньшими временными затратами изучить технологию бетонирования конструкций бетононасосом.

Ключевые слова: бетононасос, строительство, бетонная смесь, технология бетонирования.

Abstract

This article describes the main processes of the technology of concreting structures using a concrete pump, on the basis of which a scheme reflecting the concreting cycle has been developed. The relevance of this work lies in the fact that this will allow young specialists to study the technology of concreting structures with concrete pumps faster and with less time.

Keywords: concrete pump, construction, concrete mix, concreting technology.

В современном мире строительство развивается стремительными темпами, регулярно появляются новые технологии и способы, позволяющие ускорить и упростить процесс возведения зданий и сооружений. Один из наиболее распространённых способов бетонирования конструкций, подразумевает применение бетононасоса, технология работы которого состоит из множества процессов, которые должны учитываться при взаимодействии с данной техникой как непосредственно на строительной площадке, так и при выполнении расчётов производительности техники и продолжительности работ. Специалистам, мало осведомлённым с технологией работы бетононасоса, на первых этапах будет проблематично определить полный спектр процессов работы техники и решить на какие из них стоит обратить своё внимание при выполнении расчётов.

В связи с этим, целью данной работы является анализ технологии бетонирования конструкций с помощью бетононасоса [1-5], на основе которого планируется разработать схему отражающую цикл бетонирования. Актуальность данной работы заключается в том, что это позволит молодым специалистам быстрее и с меньшими временными затратами изучить технологию бетонирования конструкций бетононасосом.

Подготовительные работы.

1. Подготовительные операции:

- 1) Устройство временных дорог и площадок для маневрирования – обеспечивается свободный подъезд с надёжным твёрдым покрытием к месту проведения работ, что способствует возможности и улучшению удобства перемещения техники на строительной площадке.
- 2) Планирование рабочей площадки – устраивается ровная и прочная площадка для размещения бетононасоса перед началом бетонирования, размеры которой должны обеспечивать возможность въезда и установки гидравлических опор техники.
- 3) Обеспечение отвода воды от промывки техники – необходимо для предотвращения загрязнения окружающей среды, так как остатки бетона в воде способствуют загрязнению почвы и водных ресурсов.
- 4) Обеспечение площадки водой и электроэнергией.

2. Развёртывание и подготовка бетононасоса к работе:

- 1) Подъезд на место стоянки – бетононасос перемещается на спроектированную рабочую площадку с которой осуществляется подача бетонной смеси.
- 2) Установка выносных опор (аутригеров) в рабочее положение – процесс, установки опор в положение, при котором обеспечивается устойчивость техники во время работы и соответственно предотвращается её опрокидывание.
- 3) Развертывание распределительной стрелы – процесс установки стрелы в положение, которое позволяет её свободное перемещение на необходимую высоту и расстояние.
- 4) Установка откидной решетки в приёмный бункер бетононасоса – решётка устанавливается на болтах с резиновыми прокладками. Данный процесс необходим для предотвращения попадания посторонних предметов в насос и заполнителя размером крупнее допустимого, чтобы обеспечить надёжность работы.
- 5) Приготовление и прокачка пусковой смеси – пусковая смесь необходима для подготовки техники к бетонированию и выступает в качестве смазки бетонопровода, что уменьшает вероятность закупорки.

3. Монтаж бетоновода:

- 1) Подноска и установка опор, звеньев – процесс сборки, который включает в себя перенос и установку отдельных элементов бетоновода необходимых для прокачки смеси к месту укладки, а также опор помогающих распределить нагрузку на бетоновод и обеспечить его устойчивость во время работы.

- 2) Соединение и закрепление стыков – соединение элементов бетоновода и закрепление их между собой, стыки должны быть надёжно закреплены с целью исключения возможных протечек бетоновода во время бетонирования.
- 3) Укладка звеньев бетоновода на опоры – размещение звеньев на опорах для обеспечения их устойчивости и надёжности.
- 4) Подсоединение распределительного рукава – соединение рукава с бетоноводом для равномерной подачи бетонной смеси на место укладки.

Основные работы.

1. Подача бетонной смеси бетононасосом:

- 1) Приём и подача смеси в конструкцию распределительной стрелой – бетонная смесь от бетоносмесителя поступает в приёмный бункер бетононасоса, где она поддерживается в объёме, обеспечивающем непрерывную работу техники при бетонировании, в том числе и при смене бетоносмесителей. Далее смесь от бункера поступает по распределительной стреле к месту бетонирования конструкции.
- 2) Перемещение бетононасоса на новую стоянку – после бетонирования конструкций на одном участке осуществляется перемещение бетононасоса на новое место.

2. Технологические и технические простои – при бетонировании конструкций в работе могут появиться различные причины простоя техники (перерыв на обед, неполадки техники и т.п.), которые могут вызвать образования пробок и закупорку бетоновода. В связи с этим при кратковременных перерывах требуется обеспечить прокачку смеси по системе «бетононасос-бетоновод», при длительных – выполняется полная промывка и чистка техники. В случае образования пробки в бетонопроводе во время бетонирования, требуется остановить работу техники и выполнить очистку с помощью обратной откачки смеси или вручную (разбор звеньев и очистка с помощью инструментов).

3. Приём и укладка бетонной смеси – данный пункт подразумевает выполнение таких процессов как: укладка бетонной смеси стрелой, уплотнение, выравнивание открытой поверхности и последующий перенос распределительного рукава к другой точке бетонирования.

Заключительные работы.

1. Разборка бетоновода: снятие распределительного рукава, отсоединение и разборка бетоновода с последующим складированием и очисткой звеньев, демонтаж и складирование опор.
2. Очистка бетононасоса – это процесс, который включает в себя удаление остатков бетона и других загрязнений из бетонопровода после окончания работ. Это необходимо для предотвращения образования пробок и соответственно закупорки бетонопровода, что обеспечивает непрерывную работу в дальнейшем. Данный процесс включает промывку водой или специальным раствором, продувку сжатым воздухом и повторную промывку чистой водой, также при очистке применяются пыжи.
3. Свертывание бетононасоса в транспортное положение:
 - 1) Перевод распределительной стрелы в транспортное положение – процесс подготовки техники к транспортировке, при котором распределительная стрела, складывается и фиксируется в определённом положении для обеспечения безопасности.
 - 2) Установка выносных опор в транспортное положение – процесс складывания и фиксации выносных опор для уменьшения габаритов бетононасоса и удобства перевозки на другой объект.

Также отдельно можно выделить операции по смене бетоносмесителя – процессы транспортировки и выгрузки бетонной смеси в бункер бетононасоса.

Соколов Н.С.**Буроинъекционные сваи ЭРТ при усилении слабых оснований***ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»,
ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-308

Аннотация

Буроинъекционные сваи, изготавливаемые по электроразрядным технологиям (сваи-ЭРТ) показали высокую эффективность при усилении оснований реконструируемых и аварийных зданий. Сваи-ЭРТ по сравнению с другими буроинъекционными и буронабивными сваями имеют повышенные значения несущей способности, как по грунту, так и по материалу.

В статье приведены случаи из строительной практики усиления основания фундаментов промышленных корпусов по производству легковых автомобилей и кузнечно-штамповочного цеха по изготовлению деталей ходовой части гусеничных тракторов. Благодаря использованию буроинъекционных свай-ЭРТ удалось предотвратить аварийные ситуации на этих объектах.

Ключевые слова: несущая способность, электроразрядная технология (ЭРТ), буроинъекционная свая, железобетонный каркас, кузнечный молот, мостовой кран.

Abstract

Bored-injection piles manufactured with the discharge-pulse technology (DPT piles) have shown high performance in reinforcing the foundations of renovated buildings and constructions in dangerous state. DPT bored-injection piles provide increased soil dynamic capacity and material bearing capacity values compared with other types of bored-injection piles and auger placed pressure-injected concrete piles.

The article presents a construction cases study for reinforcing the foundation bases of passenger cars production sites and forge shop for undercarriage parts of track-laying tractors. DPT bored-injection piles made it possible to prevent emergencies at these facilities.

Keywords: bearing capacity, discharge-pulse technology (DPT), bored-injection pile, reinforced concrete frame, forge hammer, overhead crane.

Обеспечение условий безаварийной эксплуатации зданий и сооружений является основополагающим фактором для всех этапов строительства и эксплуатации. Особенно это актуально для реконструируемых зданий, а также для зданий предполагаемых к увеличению нагрузок сверх проектных величин.

Ниже рассмотрим случай №1 усиления основания фундаментов одноэтажного производственного корпуса по выпуску легковых автомобилей. Реконструируемое здание представляет собой одноэтажное каркасное сооружение с монолитными железобетонными столбчатыми фундаментами, сборными железобетонными колоннами и сборными стропильными фермами пролетом 24,0 м и 18,0 м. Производственный корпус имеет размеры в плане (см. рис.1а) в осях Г÷Ж и 3÷23 – 66,0×120,0 м с двумя пролетами по 24,0 м и одним пролетом 18,0 м. Шаг колонн вдоль буквенных осей – 12,0 м. В каждом пролете функционируют по 2 мостовых крана. В пролетах Г/Д и Д/Е по два крана грузоподъемностью по 500 кН, а в пролете Е/Ж – 2 крана по 200 кН.

В 2000 г. начались проблемы с эксплуатацией корпуса. При наиболее невыгодных сочетаниях крановых нагрузок обнаружены перекосы подкрановых путей. Перепады имеют циклический характер, т.е. величины деформаций знакопеременны. Высокоточные геодезические наблюдения за осадками фундаментов железобетонных колонн подтвердили высокие значения неравномерных деформаций достигающих до 150 мм. На участках с наиболее высокими значениями неравномерных осадок эксплуатация мостовых кранов стала затруднительной.

Таким образом возникла предаварийная ситуация при которой дальнейшая эксплуатация корпуса стала опасной.

Технической комиссией во главе с главным архитектором завода поручено срочно разработать мероприятия по предотвращению предаварийной ситуации на объекте. Она обратилась к ООО НПФ «ФОРСТ» (к авторам настоящей статьи) с просьбой выявить причину деформаций и разработать мероприятия по восстановлению эксплуатационной надежности проблемного производственного корпуса.

Было принято решение укрепления основания фундаментов буроинъекционными сваями, изготавливаемыми по разрядно-импульсной технологии (свай-ЭРТ) [1-5, 6 – 12, 13, 15-22] с одновременным ведением геотехнического мониторинга.

Инженерно-геологический разрез представлен с поверхности насыпными грунтами мощностью до 2,0 м., ниже залегают супеси пластичной консистенции до 5,5 м толщиной. Далее залегают глина твердой консистенции мощностью до 2,0 м. Подстилающим слоем служат мелкие пески средней плотности водонасыщенные.

Анализ инженерно-геологических условий позволил предположить, что основная причина деформаций фундаментов – тиксотропия (способность грунта разжижаться от механического воздействия и увеличивать вязкость в состоянии покоя) грунтов несущего слоя. Пески подвержены этому процессу. Механические воздействия выражены в виде динамических нагрузок от мостовых кранов, как правило, они действуют неравномерно. Так, например, при воздействии кранов на основание по конкретной оси, то в этом месте возникает участок разжижения, а на других осях, где отсутствует воздействие крановых нагрузок, основание эксплуатируется в условиях отсутствия аварийной ситуации.

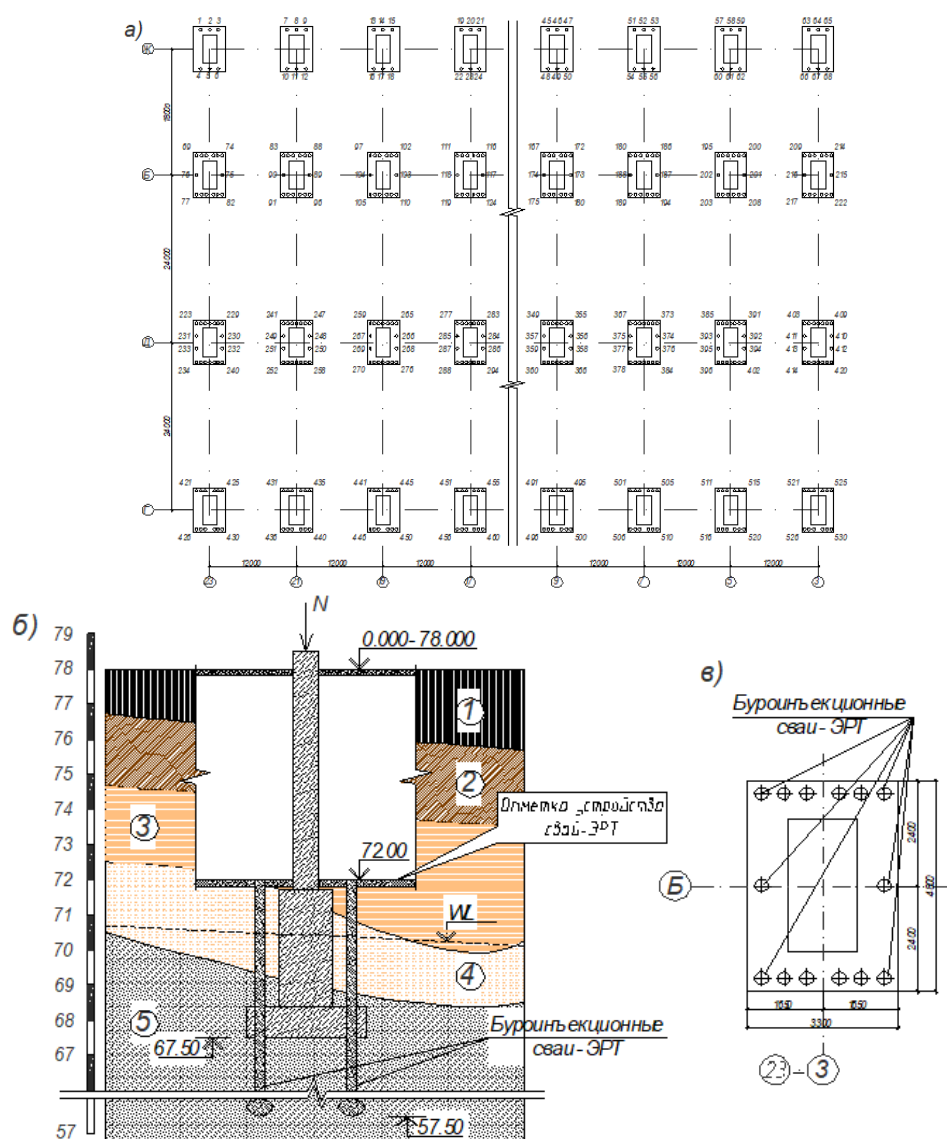
Тем самым фундаменты под колонны «тонут» по очереди, увеличивая крены каркаса, что усугубляет эксплуатацию кранов. После прекращения динамических воздействий деформации фундаментов прекращаются.

Согласно поручению комиссии ООО НПФ «ФОРСТ» разработало проект усиления основания фундаментов с помощью буроинъекционных свай-ЭРТ. Сваи Ø 200 и длиной 12,0 пронизывают нижнюю ступень столбчатых фундаментов. Несущим слоем пяты свай являются пески мелкие водонасыщенные. Количество свай-ЭРТ под разные фундаменты отличается. Так по оси «Ж» - 6 шт.; по оси «Е» - 14 шт.; по оси «Д» - 18 шт.; по оси «Г» - 10 шт. (рис. 1а). На рис. 1б приведен инженерно-геологический с вертикальной привязкой фундаментов, а на рис. 1в фрагмент плана свай-ЭРТ усиления основания фундаментов.

Осуществление мероприятий по усилению оснований фундаментов с помощью буроинъекционных свай-ЭРТ позволило создать условия для безаварийной работы мостовых кранов и всего железобетонного каркаса прессового корпуса в целом.

Геотехнический мониторинг за деформацией оснований фундаментов подтвердил их отсутствие после завершения работ по устройству свай-ЭРТ.

Второй случай успешного применения буроинъекционных свай-ЭРТ при ликвидации аварийной ситуации здания кузнечно-штамповочного цеха (КШЦ) агрегатного завода в г. Чебоксары. Благодаря воздействию динамических нагрузок от 10 кузнечных молотов здание пришло в аварийное состояние. На всех кирпичных стенах ограждения появились деформационные трещины имеющие тенденцию к увеличению. Появившаяся неравномерность деформаций каркаса привела к сбоям эксплуатации мостовых кранов. Кроме того размеры площадок опираний плит покрытий, а также строительных ферм и подкрановых путей в ряде случаев уменьшились до величин близких к аварийной ситуации. Для предотвращения аварийной ситуации чрезвычайная комиссия под эгидой управления капитального строительства завода поручила ООО НПФ «ФОРСТ» разработать противоаварийные мероприятия, включающие: 1) обследование технического состояния аварийного здания; 2) разработка мероприятий по минимизации отрицательного влияния вибраций от воздействия кузнечных молотов на здание цеха и прилегающие сооружения; 3) производство работ по восстановлению эксплуатационной надежности здания КШЦ.



покрытия по стальным строительным фермам. В цеху функционируют десять кузнечных молотов.

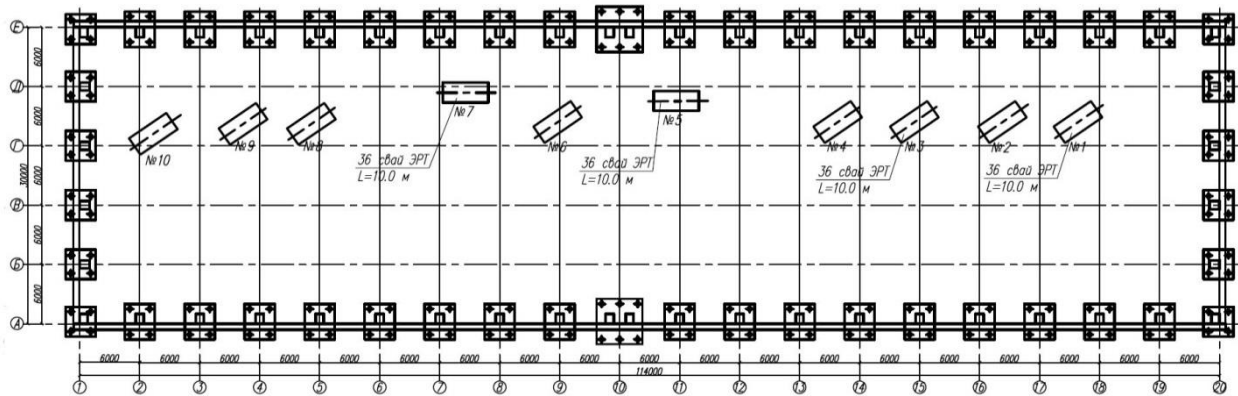


Рис. 4 План свайного поля из буринъекционных свай ЭРТ.

Рисунок 2. План свайного поля из буринъекционных свай-ЭРТ усиления оснований фундаментов каркаса и кузнечных молотов №№1,3,5,7.

Инженерно-геологические условия строительной площадки представлены от поверхности насыпными грунтами мощностью до 2,0 м, ниже залегает суглинок тугопластичный мощностью 3÷3,5 м. Ниже подстилается суглинок мягкопластичный, под которым залегает глина алевритовая тугопластичная.

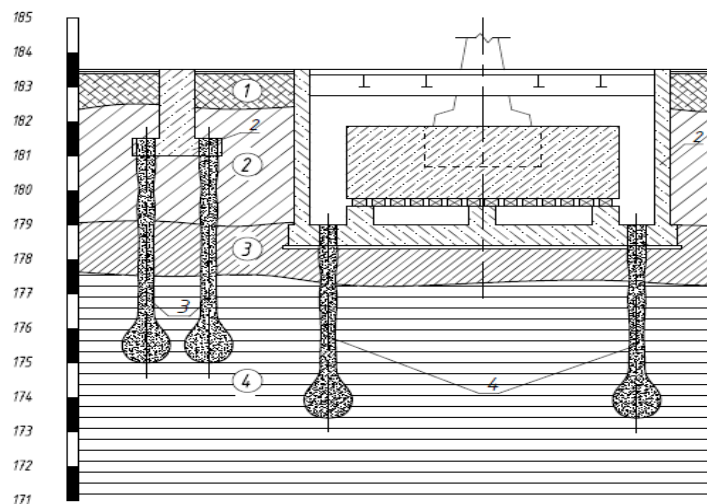


Рисунок 3 Инженерно-геологический разрез: 1 – фундамент каркаса здания; 2 – фундамент кузнечного молота; 3 – буринъекционные сваи-ЭРТ усиления основания фундаментов каркаса; 4 – буринъекционные сваи-ЭРТ усиления основания фундаментов кузнечных молотов; «1» – насыпной слой; «2» – суглинок тугопластичный; «3» – суглинок мягкопластичный; «4» – глина алевритовая тугопластичная

Производство работ по усилению основания фундаментов каркаса и молотов производила ООО Научно-производственная фирма «ФОРСТ». Вовремя производства работ по реконструкции и после в течение года производился геотехнический мониторинг.

Кроме того были организованы исследования динамического воздействия кузнечных молотов на основание [13].

Измерения проводились в феврале 2002 г. в молотовом отделении КШЦ Чебоксарского агрегатного завода. Регистрировались колебания при работе молотов №№1,3,5,7 и №6 в осях 12-13. Кроме того, в ряде случаев работали молота №№2,4,10, что не оказывало в точках

измерения значительных изменений. Выбор источников воздействия и точек измерения определялся их близостью к месту установки нового молота в осях 16-17.

Исследования [14] подтвердили, что свайное поле из свай-ЭРТ удовлетворяет требованиям п. 1.21 СНиП 2.02.05-87 «Машины с динамическими нагрузками». Статическое давление под подошвой условного фундамента колонн составляет 240 кПа, что меньше расчетного сопротивления грунта основания 330 кПа. Это указывает на допустимость имеющихся вибраций с точки зрения образования дополнительных осадков фундаментов колонн.

Таким образом, усиление оснований фундаментов каркаса и кузнечных молотов с помощью буроинъекционных свай позволили ликвидировать аварийную ситуацию здания кузнечно-штамповочного цеха.

Выводы:

В статье приведены два удачных примера использования буроинъекционных свай-ЭРТ для предотвращения критических (предаварийных) состояний каркаса зданий. Использование этих свай в качестве свай усиления оснований позволили продлить срок службы этих зданий приведя их в безаварийные эксплуатируемые состояния.

1. Патент на изобретение №23/8961. Разрядное устройство для изготовления набивной сваи / Авторы изобретения: Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2008. - №8.
2. Патент на изобретение №23/8960. Способ возведения набивной сваи / Авторы: Н.С. Соколов, В.М. Рябинов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2008. - №7.
3. Патент на изобретение №2250958. Устройство для изготовления набивной сваи / Авторы: Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2005. - №12.
4. Патент на изобретение №2250957. Способ изготовления набивной сваи / Авторы: Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2005. - №12.
5. Патент на изобретение №2282936. Генератор импульсных токов / Н.С. Соколов, Ю.П. Пичугин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2006. - №24.
6. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроинъекционных свай-ЭРТ. // «ОФимГ». – 2015. – №1. С. 10-13.
7. Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буроинъекционных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2014) - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 407-411.
8. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2014). - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 411-415.
9. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2014). - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 415-420.
10. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления аварийного здания Введенского кафедрального собора в г. Чебоксары // Геотехника. 2016. № 1. Стр. 60-65.
11. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями с использованием электроразрядной технологии // Геотехника. 2016. № 2.
12. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Патент на изобретение. Полезная модель. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте. // Бюллетень федеральной службы по интеллектуальной собственности. 2016.
13. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буроинъекционных свай с множественными уширениями. // Геотехника. №3.

14. Заключение «Инструментальное обследование здания КШЦ и прогнозирование колебаний проектируемого фундамента на кузнечный молот 17КШ 5 т/с на Чебоксарском агрегатном заводе». НИИ оснований и подземных сооружений. Москва. 2002 г.
15. Соколов, Н. С. Сваи повышенной несущей способности / Н. С. Соколов, С. С. Викторова, Т. Г. Федорова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 411-415.
16. Соколов, Н. С. Проблемы расчета буроналивных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии / Н. С. Соколов, М. В. Петров, В. А. Иванов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 415-420.
17. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буроналивных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-19.
18. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03 : заявл. 01.07.2015: опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
19. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
20. Патент № 2605213 C1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте: № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
21. Патент № 2282936 C1 Российская Федерация, МПК H03K 3/53. Генератор импульсных токов: № 2005102864/09: заявл. 04.02.2005: опубл. 27.08.2006 / Ю. П. Пичугин, Н. С. Соколов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная фирма "ФОРСТ".
22. Патент № 2318960 C2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной сваи : № 2005140716/03: заявл. 26.12.2005:опубл. 10.03.2008 / Н. С. Соколов, В. М. Рябинов, В. Ю. Таврин, В. А. Абрамушкин.

Соколов Н.С.

Заглубленная конструкция усиления основания

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»,
ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-309

Аннотация

В статье рассматривается проблема строительства высокоскоростной магистрали в долине рек Волга, Ока, Сура на основаниях со сложными инженерно-геологическими условиями с перемежающимися слабыми грунтами (просадочные, биогенные представленные илами, торфами и сапропелями, набухающие и т.д.). Наличие в основании сильно деформируемых инженерно-геологических элементов усложняет безопасную эксплуатацию скоростных поездов. Предельно допустимая осадка земляного полотна при скоростях движения до 400 км/ч не должна превышать $S_u = 15$ мм. Для обеспечения требований безопасной эксплуатации подвижного состава высокоскоростных магистралей (ВСМ) требуется армирование слабых оснований с передачей внешних нагрузок на инженерно-геологические элементы с высокой несущей способностью и низкой деформативностью.

Ключевые слова: сложные инженерно-геологические условия, высокоскоростная магистраль (ВСМ), буровые сваи, электроразрядная технология (ЭРТ).

Abstract

The article considers the issue of building a high-speed highway in the valley of the Volga, Oka, Sura rivers on foundations with complex engineering and geological conditions and alternating weak soils (subsidence, biogenic represented by silts, peat and sapropels, swelling, etc.). Highly deformable engineering and geological elements at the foundation complicates the safe operation of high-speed trains. The maximum permissible draft of the roadbed at speeds up to 400 km/h should not exceed $S_u = 15$ mm. To meet the requirements for the safe operation of high-speed railway (HSR) rolling stock, weak foundations must be reinforced by transferring external loads to engineering and geological elements with high bearing capacity and low deformability.

Keywords: complex engineering and geological conditions, high-speed highway (HSR), bore piles, electric discharge technology (EDT).

Освоение территорий прилегающих к долинам рек Волга, Ока, Сура и их притокам является сложной геотехнической проблемой для целей возведения скоростных железнодорожных магистралей. В данной статье рассматривается возможность их возведения по территории Средней Волги от г. Нижнего Новгорода до г. Чебоксары.

Проектируемая трасса проходит в пределах Волго-Уральского свода - одной из крупнейших положительных структур Русской платформы.

В течение четвертичного времени различные части рассматриваемой территории находились в различных климатических условиях и подвергались воздействию разнообразных физико-географических процессов. Северная часть её неоднократно подвергалась оледенениям, а южная - воздействию трансгрессий Каспийского моря. Эти различные условия наложили свой отпечаток на характер четвертичного покрова территории. В северо-западной части её широко развиты ледниковые и водно-ледниковые образования, в средней - аллювиальные и элювиально-делювиальные, а в самой южной - морские лиманные отложения. В толще четвертичных отложений находятся торф, кирпичные глины, песок, песок с прослоями гравия, суглинки и глины (в надпойменных террасах Волги, Суры и Цивилия).

В районах Нижегородского и Чебоксарского Поволжья покровные отложения представлены лёгкими суглинками и тяжёлыми супесями характерного желтовато или буровато-палевого цвета с чётко выраженными признаками лессовидности (макропористость, столбчатая отдельность и др.) и просадочными свойствами. Обводненность пород комплекса незначительна и имеет спорадический характер.

Современные болотные отложения (bIV) распространены неравномерно на всей исследуемой территории. В обширных понижениях рельефа, приуроченных к долинам рек или низменностям в зоне лесов, образуются особенно крупные торфяники - торфяные бассейны. На рассматриваемой территории примерно в равном количестве встречаются низинные и верховые торфяники. Отложения представлены торфами и заторфованными грунтами. Средняя мощность болотных отложений от 2 до 3 м и может достигать до 10 м. На отдельных участках, где развиты болотные отложения, непосредственно с поверхности залегают болотные воды.

В соответствии с СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах», район коридора проектируемой трассы железной дороги по степени сейсмической активности определён по шкале MSK-64 по Карте сейсмического районирования России ОСР-97-С (вероятность возможного превышения интенсивности землетрясений в течение 50 лет - 1%). Согласно приложения Б СП 14.13330.2014 расчётная сейсмическая интенсивность в баллах шкалы MSK-64 для средних грунтовых условий и степени сейсмической опасности С (1%) в течение 50 лет равна - 7 баллов для Чувашской Республики и 6 баллов для Нижегородской области.

Из экзогенных геологических процессов на территории Нижегородской области по площади распространения выделяется в первую очередь процесс овражной эрозии - оврагами поражено до 40% площади области, заболоченные территории занимают 30% от её площади, закарстованные - до 26%. Оползневый процессом наиболее поражены территории Богородского, Котовского, Павловского, Лысковского, Воротынского районов, правобережные

склоны рек Оки и Волги. Карбонатный карст распространён преимущественно на юге области: в Первомайском, Дивеевском, Вознесенском районах, г. Сарове, карбонатно-сульфатный и гипсовый карст развивается преимущественно в г. Дзержинск, Заречной части г. Н.Новгород, в Павловском, Арзамасском и других районах.

Развитие процесса подтопления и заболачивания отмечается в той или иной степени по левобережью Чебоксарского и Горьковского водохранилищ, рек Оки и Волги, а также в пределах Фокинской и Лысковской низин на правобережье Чебоксарского водохранилища и Кстовской низины на Волжском правобережье.

Наиболее активное развитие оползневой оползневой процесса отмечалось на правобережье Чебоксарского водохранилища в районе населенных пунктов Бармино, Сомовка, Васильсурск, Хмелевка; на правобережье р.Оки в районе пст. Береговые Новинки, Новинки, Сартаково и др., на правобережье р.Волги в пределах Нагорной части г. Н.Новгород. В озёрной зоне Чебоксарского водохранилища, на участке II категории «Васильсурск-Н», оползнеобразующими факторами которого являлись климатические условия и подземные воды, активность оползневой процесса остаётся по-прежнему самой высокой. В весенний период Сурский склон был полностью захвачен оползневой смещением. Активизация оползней произошла в основном в средней части склона и частично в верхней, вызвав деформацию жилого дома, расположенного в прибрежной части плато. Активизация оползней в нижней части склона была связана с подмывом основания склона и подземными водами.

Развитие речной эрозии и абразии отмечено в период половодья. На локальных участках отмечался сильный размыв берегов.

На территории Чувашской Республики проявляется широкий комплекс процессов. В их числе овражная, речная, береговая и плоскостная эрозия, оползневой, абразионный, карстовый, суффозионный и обвальный процессы, заболачивание, криогенное пучение, эоловая и речная аккумуляция, сезонная солифлюкция и др. Воздействие их ведёт к значительному изменению геологической среды и условий обитания, существенно затрудняет и ограничивает хозяйственную деятельность. Наиболее распространённым неблагоприятным геологическим процессом в пределах республики является овражная эрозия. Распределение оврагов отличается значительной неравномерностью. Наиболее поражена процессом северная часть республики. Плотность проявления активных форм здесь может достигать 11 единиц на 1 км².

Опасностью развития и высокой динамичностью характеризуются оползневые процессы. В разной степени ими поражено около 2% территории республики. Чаще распространение оползней диктуется наличием многочисленных речных и эрозионных систем. Наиболее крупные и многочисленные формы встречаются по бортам речных долин. Оползни весьма разнообразны по масштабам проявления и формам смещения. Наряду с блоковыми телами повсеместно развиты оползни-сплывы и оползни-потоки. Разветвлённая речная сеть определяет широкое развитие речной береговой эрозии. Этому процессу подвержено 3% территории республики. По имеющимся сведениям, скорость размыва берегов колеблется в пределах от первых сантиметров до 5,0-6,0 м в год. Образование заболоченных участков в пределах республики, связано с наличием избыточно увлажнённых поверхностей, либо зарастающих водоёмов. Наиболее широко процесс развит в долинах рек Волга и Сура. Общая площадь заболоченных участков на территории субъекта федерации составляет 0,2%.

К числу опасных процессов относится также карст. Степень подверженности территории республики его воздействию составляет 0,08%. Наиболее активное течение процесса отмечено в прибрежной зоне Куйбышевского водохранилища. Частота проявления открытых форм здесь может достигать 12 единиц на 1 км² площади побережья.

По результатам проведённых инженерно-геологических обследований территории, широко распространено морозное пучение грунтов. Особенно часто его воздействию подвержены дорожные сооружения. Местами их проявления являются участки развития пылеватых суглинков, избыточного увлажнения грунтов. В Чувашской Республике по побережью Чебоксарского и Куйбышевского водохранилищ отмечено свыше 500 активных оврагов и промоин.

С учетом вышесказанного можно сделать вывод о том, что инженерно-геологические условия для строительства высокоскоростной магистрали на участке от г. Нижнего Новгорода представляет собой сложную геотехническую проблему. Для обеспечения нормативных значений несущей способности оснований и деформативности одной из рациональных технологий является армирование его с помощью заглубленных конструкций, таких как буровые сваи, изготавливаемые по различным технологиям [1÷4]. В работах [5-14] приводится алгоритм определения наиболее эффективной заглубленной конструкции.

Для наиболее оптимального решения рассматриваемой проблемы подходит принцип итерационного проектирования [4] для каждого рассматриваемого типа буровых свай. Он предлагает следующую схему: «базовый проект - опытная площадка – корректировка базового проекта». Обычно в качестве опытной площадки принимается участок свайного поля, включенного в состав базового проекта. В этом случае возможно избежание дополнительных затрат. Результаты натурных испытаний должны являться основой проектирования подземных сооружений с применением типа буровых свай.

Следует отметить тот факт, что при принятии экономически обоснованного и технически целесообразного типа заглубленных конструкций должны быть идентичные входные данные. Это: 1 – одинаковость отметок заложений нижнего конца и верха свай; 2 – идентичность инженерно-геологических и гидрогеологических условий, 3 – соответствие внешних нагрузок во всех расчетных схемах. Часто наблюдаются случаи назначения различных длин для рассматриваемых типов в интерактивном проектировании. Определяющим условием назначения отметок нижнего конца свай является обеспечение требуемых значений осадок усиленного основания согласно СП 22.13330.2016 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*».

Несущая способность свай, изготавливаемых по применяемым в настоящее время технологиям, определяется как сумма величин несущих способностей по пяте и боковой поверхности. Последние зависят от геометрических параметров сваи (площади опирания и боковой поверхности) и инженерно-геологических характеристик грунтов, примыкающих к свае (расчетных сопротивлений грунта под пятой и по боковой поверхности сваи).

Для сравнительных расчетов в [5-14] рассмотрены буроинъекционные сваи, изготовленные по разрядно-импульсной технологии (ЭРТ) без промежуточных уширений и с промежуточными уширениями, буронабивные сваи, погружаемые инвентарной трубой с теряемым наконечником, буронабивные сваи с использованием обсадных труб или проходных шнеков (SFA), а также буронабивные сваи, выполняемые под защитой глинистой рубашки.

Существенное повышение несущей способности достигается в случае, если свая представляет собой конструкцию из нескольких уширений [5, 6], при этом нижнее уширение выполняется по пяте сваи, увеличивая ее площадь и верхнее (по боковой поверхности) работают как дополнительные опоры, а несущая способность грунтов при опирании на них этими опорами значительно выше несущей способности этих же грунтов при трении о них боковой поверхности сваи. Практика изготовления таких свай показала их высокую эффективность. Несущая способность свай ЭРТ с двумя уширениями в 1,5-2,5 раза выше, чем у свай, выполненных без уширений.

В таблице 1 приведены результаты расчетов для выбора типа сваи для армирования оснований высокоскоростной магистрали (ВСМ).

11. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
12. Патент № 2605213 С1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте: № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
13. Патент № 2282936 С1 Российская Федерация, МПК H03K 3/53. Генератор импульсных токов: № 2005102864/09: заявл. 04.02.2005: опубл. 27.08.2006 / Ю. П. Пичугин, Н. С. Соколов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная фирма "ФОРСТ".
14. Патент № 2318960 С2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной сваи: № 2005140716/03: заявл. 26.12.2005: опубл. 10.03.2008 / Н. С. Соколов, В. М. Рябинов, В. Ю. Таврин, В. А. Абрамушкин.

Соколов Н.С.

Подход устройства удерживающих конструкций

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»,
ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-08-2024-310

Аннотация

Проблема предотвращения равнинных территорий от подтоплений является важной народнохозяйственной задачей связанной с обеспечением жизнедеятельности населения, проживающего там. Половодье или паводки наносят огромный ущерб регионам подверженным этим стихийным бедствиям. Подтопление приводит к аварийным ситуациям зданиям и сооружениям, часто к авариям. Оно уничтожает посевы, приводит к распространению вирусных заболеваний. Разрушаются насыпи дорожных и железнодорожных полотен. Возникающие оползневые процессы приводят к разрушению устоев мостов и в конечном счете к разрушению самих сооружений. В статье приводится возможный вариант предотвращения выхода рек из берегов с помощью одной из геотехнических технологий.

Ключевые слова: буройнъекционная свая ЭРТ, грунтобетонная свая, Get технология, половодье, паводок, несущая способность.

Abstract

Preventing lowland areas from flooding is an important national economic task related to ensuring the well-being of the population living there. High water or floods cause enormous damage to regions prone to these natural disasters. Flooding leads to emergency situations in buildings and structures and often to accidents. It destroys crops and leads to the spread of viral diseases. Embankments of road and railway tracks are destroyed. The resulting landslide processes lead to the destruction of bridge abutments and ultimately to the destruction of the structures themselves. The article describes a possible option to prevent rivers from overflowing their banks using one of the geotechnical technologies.

Keywords: EDT continuous auger flights, ground concrete pile, Get technology, flood, flood flow, bearing capacity.

Эксперты отмечают, что одним из самых сложных паводковых регионов России традиционно считается Якутия. В региональном ГУ МЧС РФ отметили, что совокупный ущерб от паводка в Якутии весной и летом 2018 года, в результате которого пострадало свыше 5,3 тыс. жителей республики, превысил 1,4 млрд рублей. На территории Якутии в ходе весеннего и летнего половодья пострадало 63 населённых пункта в 15 улусах. По информации агентства Лайф, эксперты МЧС РФ прогнозируют, что могут оказаться подтопленными города Сургут и Нижневартовск в Ханты-Мансийском автономном округе на берегу реки Обь, которая и грозит выйти из берегов. Кроме того, в зону затопления могут попасть Курган, который стоит на реке

Тобол, и Орск, расположенный у рек Орь и Урал. Из-за большого скопления снега во время таяния льдов уровень воды на реках Урала может подняться на пять-восемь метров, что приведёт к подтоплению городов, – отмечают эксперты Минприроды. В зоне подтопления могут оказаться и крупные города Сибири: Иркутск, расположенный на берегу реки Ангары, Новосибирск, стоящий на Оби, и столица Алтайского края Барнаул. Уровень воды в реках Барнаулка. Обь во время паводка может подняться на два метра, что приведёт к подтоплению жилых кварталов Барнаула, – отмечают в ГУ МЧС РФ по Алтайскому краю. Проливные дожди в 27 населенных пунктах Иркутской области наделали много бед – подтопленными оказались почти 2,8 тысячи жилых домов, 16 участков автомобильных дорог и 13 мостов. Жители города Тулун в Иркутской области с помощью квадрокоптера снимали на видео последствия масштабного наводнения, случившегося из-за вышедшей из берегов реки Ии. Масштабы катастрофы были ужасными. Паводок начался в регионе из-за сильных дождей. Из берегов вышли реки Уда и Большая Белая, в некоторых местах введен режим ЧС. По данным областного управления МЧС на утро 28 июня, затоплены почти 2,4 тысячи жилых домов в 20 населенных пунктах, эвакуированы около 850 человек. 28 июня сообщалось, что МЧС начало эвакуацию города Тулун из-за резкого повышения уровня воды. В ведомстве сообщили, что уровень воды в реке Ия из-за дождей превысил 946 сантиметров при критической отметке в 700 сантиметров. Из-за проливных дождей в 27 населенных пунктах Иркутской области оказались подтопленными почти 2,8 тысячи жилых домов, 16 участков автомобильных дорог и 13 мостов.

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что во всех случаях наводнений противопаводковые мероприятия производятся непосредственно только по факту затоплений территорий. Так, например, возводятся временные грунтовые дамбы, которые усиливаются мешками, заполненными песком. В большинстве случаев устраиваются ограждения просто из заполненных грунтом мешков. Но эти мероприятия служат только для одного случая паводка.

В настоящей статье предлагается один из новых геотехнических технологий для предотвращения затоплений равнинных территорий в результате выхода рек из своих берегов. Она предусматривает использование в едином комплексе сразу трех технологий: 1. Get-технология – устройство грунтоцементных свай согласно «СП 291.1325800.2017 Конструкции грунтоцементные армированные. Правила проектирования Москва. 2017»; 2. Технология SFA – устройство буроинъекционных свай с помощью непрерывных проходных шнеков (НПШ) в теле грунтоцементного массива вдоль его оси симметрии, как правило, диаметром не более 300 мм; 3. Разрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай. Электрогидравлический эффект возникающий при обработке мелкозернистого бетона способствует внедрению его в грунтоцементный массив. Тем самым произойдет более полное сцепление этих двух конструктивных элементов [5, 6, 7, 8, 9, 10-18].

К современному геотехническому строительству предъявляются повышенные требования [1-4]. В большинстве случаев это оправдано. Часто не удается достичь проектных значений несущей способности оснований применяющиеся геотехнические технологии. Используя несколько существующих технологий совместно возможно создать заглубленную конструкцию повышенной несущей способности. Следует отметить, что современное геотехническое строительство позволяет решать большинство проблем возникающих как вовремя строительства, так и в период эксплуатации объектов и сооружений. Это обстоятельство позволяет сконструировать принципиально новую заглубленную железобетонную конструкцию – грунтобетонную сваю. На рис. 1 приведена схема устройства комбинированной грунтобетонной сваи. Заглубленная железобетонная конструкция – грунтобетонная свая (ГБС) приведенная на рис. 1 б в отличии от других типов имеет сложную конструкцию поперечного сечения. Несущим элементом служит электрогидравлически обработанная и армированная свая SFA (НПШ) (поз. 3). Ее несущая способность по наружной поверхности зависит от фрикционных характеристик грунтоцементной составляющей (см. поз. 1 рис.2). Кроме того свая SFA (НПШ) совместно с грунтоцементным массивом работает как железобетонная свая трения по боковой поверхности с окружающим грунтом (см. рис. 3).

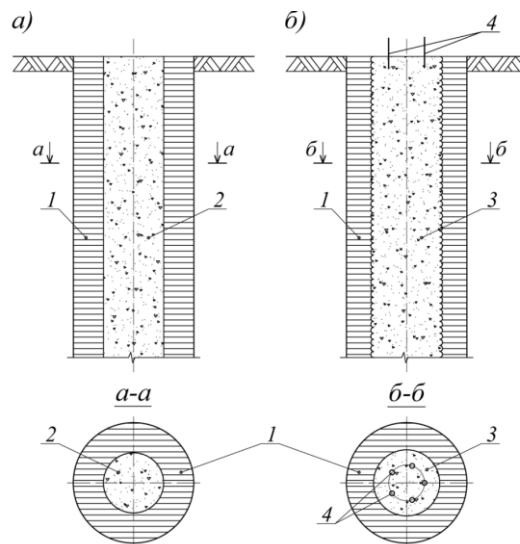


Рисунок 1 Схема устройства грунтобетонной сваи (ГБС).

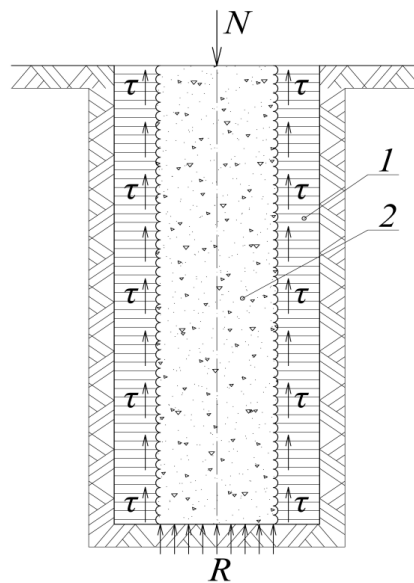


Рисунок 2 Схема к определению несущей способности сваи SFA (НПШ) по грунтоцементному основанию
 Fd1: 1 – грунтоцементный массив,
 2 – свая SFA (НПШ).

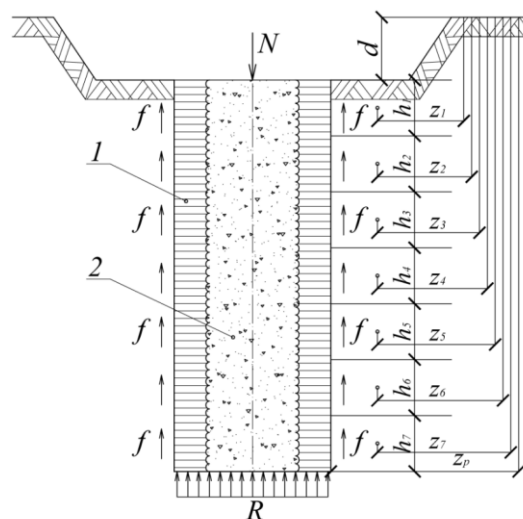


Рисунок 3 Схема к определению несущей способности сваи SFA (НПШ) совместно с грунтоцементным массивом по грунту (грунтобетонные сваи (ГБС): 1 – грунтоцементный массив, 2 – свая SFA (НПШ)

Грунтобетонные сваи (ГБС) кроме усиления основания фундаментов также можно использовать еще по другому назначению как противопаводковая геотехническая строительная конструкция. Она может быть широко использована для укрепления берегов равнинных рек Средней России, Сибири и Дальнего Востока, а также насыпей автомобильных дорог, грунтовых дамб в тех же регионах. При этом в качестве основного конструктивного элемента против эрозии грунта берега русла (поз.4 рис.4) используется сплошной шпунт (поз.1 рис. 4), за которым возводится монолитная железобетонная угловая подпорная стена (поз.2 рис. 4) на свайном основании из ГБС (поз.3 рис. 3). При этом абсолютная отметка верхней грани стены должна быть как минимум на 0,5 метра выше максимальной отметки разлива реки, принимаемой по результатам многолетних наблюдений. Используя технологию GET 2 свайное основание можно превратить в противодиффузионную завесу из буросекущихся грунтоцементных свай. При разливе рек по обоим берегам конструктивное решение, приведенное на рис. 4 устраивается также вдоль противоположного берега. Такая схема устройства противопаводковой подпорной стены позволит не только предотвратить реки от переливания, но и фильтрационному проникновению воды за пределы подпорной стены.

Укрепление грунтовых дамб и насыпей автомобильных дорог также рекомендуется усилить по этой же вышеприведенной технологии.

Выводы:

1. Предотвращение разлива равнинных рек является важной народохозяйственной задачей, связанной с обеспечением комфортного проживания живущих на затопляемых территориях людей.
2. Предложенная конструктивная схема позволяет безаварийно эксплуатировать разливающиеся реки в течение длительного времени.
3. При проектировании и строительстве противопаводковых конструкций следует руководствоваться технической целесообразностью и экономической эффективностью принятых решений.

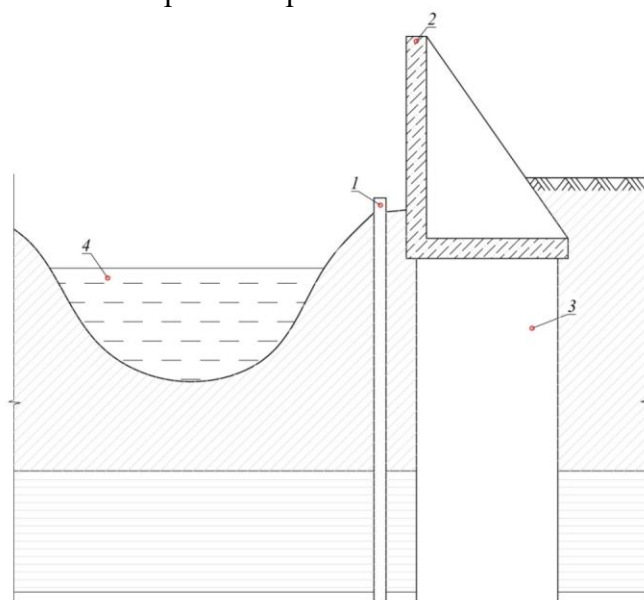


Рисунок 4. Схема укрепления берегов разливающихся рек: 1 – сплошной шпунт, 2 – угловая подпорная стена, 3 – свайное основание из ГБС как противоподфильтрационная завеса, 4 – русло реки.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб: Геореконструкция, 2010. 551 с.

3. Plichev, V. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow / V. A. Ilyichev, P. A. Kononov, N. S. Nikiforova, L. A. Bulgakov // Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3-17. - New York, 2004. - P. 5-24.
4. Plichev, V. A. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches / V. A. Ilyichev, N. S. Nikiforova, E. B. Koreneva // Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24-27th September 2007 «Geo-technical Engineering in urban Environments»... Volume 2. - P. 581-585.
5. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros. of the 7th Int. Symp. «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16-18 May, 2011, 28th IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. Nikiforova, N. S. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23-25 September 2004. P. 338-342.
7. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
8. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September. 2007. Vol. 2. P. 683-688.
9. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.Е. Расчет буронагнеточных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20–26.
10. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буронагнеточных свай ЭРТ с местными уширениями // Жилищное строительство. 2017. № 9. С. 25–29.
11. Соколов, Н. С. Сваи повышенной несущей способности / Н. С. Соколов, С. С. Викторова, Т. Г. Федорова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 411-415.
12. Соколов, Н. С. Проблемы расчета буронагнеточных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии / Н. С. Соколов, М. В. Петров, В. А. Иванов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 415-420.
13. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буронагнеточных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-19.
14. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03 : заявл. 01.07.2015: опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
15. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
16. Патент № 2605213 C1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте: № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
17. Патент № 2282936 C1 Российская Федерация, МПК H03K 3/53. Генератор импульсных токов: № 2005102864/09: заявл. 04.02.2005: опубл. 27.08.2006 / Ю. П. Пичугин, Н. С. Соколов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная фирма "ФОРСТ".
18. Патент № 2318960 C2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной сваи : № 2005140716/03: заявл. 26.12.2005: опубл. 10.03.2008 / Н. С. Соколов, В. М. Рябинов, В. Ю. Таврин, В. А. Абрамушкин.

Сулина О.В., Шестернина Е.А.

Применение тематического тестирования для подготовки к семинарам по дисциплине
«Начертательная геометрия» в технических ВУЗах

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
(Россия, Калуга)

doi: 10.18411/trnio-08-2024-311

Аннотация

Авторы статьи разработали комплект тематических тестовых заданий по дисциплине «Начертательная геометрия» в электронной среде Moodle для подготовки студентов к семинарам. Тесты содержат вопросы различного вида: множественный выбор, на соответствие, верно/неверно, выбор пропущенных слов, короткий или числовой ответ, перетаскивание в текст и на изображение. На каждый ответ обучающегося предлагается отзыв (содержательный комментарий). Тестовые задания применялись в учебном процессе. Сравнительный анализ исследуемых групп показал, что группы с входным тематическим тестовым контролем более активно работают на занятиях, совершают меньшее количество ошибок, и успеваемость этих групп согласно данным итогового контроля возрастает.

Ключевые слова: тестирование, начертательная геометрия, самостоятельная работа, Moodle.

Abstract

The Authors of the article have developed a set of thematic test tasks for the discipline “Descriptive Geometry” in the Moodle electronic environment to prepare students for seminars. The tests contain various types of questions: multiple choice, correspondence, true/false, choice of missing words, short or numeric answer, drag-and-drop into text and image. On each student answer, feedback (substantive commentary) is offered. Test tasks were used in the educational process. A comparative analysis of the researches showed that groups with an entrance thematic test control work more actively in class, make fewer mistakes, and the performance of these groups, according to the final control data, increases.

Keywords: testing, descriptive geometry, independent work, Moodle.

Одной из основных проблем дидактики высшей школы, на сегодняшний день, является интенсификация учебно-познавательной деятельности студента. Ключ к решению данной проблемы может быть найден в активных методах обучения, которые послужат более прочному запоминанию и повышению познавательного интереса студентов.

Разработка и рациональное применение интенсивных методов обучения не должна становиться самоцелью внедрения в учебный процесс новых или усовершенствованных обучающих технологий. Внедрение образовательных технологий требует становления субъектности не только от преподавателя, но и от студента. Нельзя забывать, что эффективность образовательных технологий определяется рядом таких аспектов, как индивидуальные особенности интеллекта человека, его стремление к творческому саморазвитию личности и ее ресурсность. Работа студента требует от него культуры интеллектуального труда, самостоятельности, активности, инициативы, смены личностных ориентаций и мотивационных установок.

Технология обучения, как средство интенсификации учебно-познавательной деятельности, включает в себя целый ряд приемов интеллектуального творческого труда, направленного на создание оптимальных педагогических и организационных условий познавательной деятельности, а также использование компьютеров в учебном процессе [1].

В настоящее время согласно содержанию действующих стандартов ФГОС ВО (3++) по направлениям бакалавриата и специалитета, ОПОП (основных профессиональных образовательных программ) высшего образования по специальностям и направлениям обучения технического профиля внеаудиторная планируемая самостоятельная работа студентов

является обязательной для каждого студента и определяется учебным планом. В настоящее время самостоятельная работа занимает около 30% от общего объема учебной нагрузки студентов в технических ВУЗах. Перед преподавателями на сегодняшний день стоит актуальная задача эффективной организации конкретных форм самостоятельной работы и оценки внедрения их в учебный процесс. Одним из важнейших видов самостоятельной работы студентов является подготовка к выполнению заданий, которые будут на семинаре, и повторение пройденного материала. Подготовка включает в себя проработку лекционного материала, решение тематических задач самопроверку знаний, умений и навыков. Согласно исследованиям [2] самопроверку эффективнее всего осуществлять путем тематического тестирования.

Начертательная геометрия является общепрофессиональной дисциплиной в технических ВУЗах, изучается в параллельном междисциплинарном взаимодействии с дисциплиной «Аналитическая геометрия» и является основой для изучения «Инженерной графики» и «Инженерной геометрии». Курс дисциплины включает в себя аудиторные часы — лекции, семинары и консультации, и внеаудиторные — выполнение домашних работ, подготовка к занятиям и контрольным мероприятиям.

Авторы статьи разработали комплект тематических тестовых заданий по дисциплине «Начертательная геометрия» для подготовки студентов к семинарам. Задания тестов направлены на диагностирование результатов обучения: знаний теорий, законов, принципов и правил дисциплины, умений применять навыки анализа и синтеза технической информации, умений решать учебные и профессиональные задачи.

Для проведения электронного тестирования была выбрана платформа Moodle. Платформа позволяет создавать образовательные курсы с размещением учебно-методических материалов, проводить мониторинг работы обучающихся и дистанционное консультирование. В рамках мониторинга работы обучающихся возможно создавать электронные задания, получать на их ответ и проводить тестирование как дистанционно, так и в аудитории [3].

Разработанные авторами тематические тесты содержат вопросы различного вида: множественный выбор, на соответствие, верно/неверно, выбор пропущенных слов, короткий или числовой ответ, перетаскивание в текст и на изображение. На каждый ответ обучающегося предлагается отзыв (содержательный комментарий).

Согласно «Положению об организации внеаудиторной самостоятельной работы студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана» [4] норма трудоемкости для подготовки к семинарским занятиям составляет 0,5 часа. Согласно регламенту и рекомендованному времени выполнения одного задания в тесте (1-2 минуты) количество вариантов заданий в тестах составляет 10 вопросов. Содержание тестовых заданий соответствует рекомендованным критериям педагогического тестирования: репрезентативность, валидность, надежность и стандартизованность.

Пример заданий из тематического теста для семинара «Проецирование прямой» представлен на рис. 1. Вопрос «с множественным выбором» содержит эпюр отрезка прямой. Обучающийся должен определить длину отрезка, исходя из его положения в пространстве. Предлагается пять вариантов ответов. Вопросы «на соответствие» содержат эпюр прямой, заданной двумя точками, и наименование. Студенту необходимо выбрать правильное наименование из списка. Вопрос «перетаскивание на изображение» содержит эпюры одноименных прямых, расположенных общим и частным образом относительно системы основных плоскостей проекций, и название прямых с правильной терминологией. Респонденту необходимо определить наименование прямой перетаскиванием эпюра в соответствующее окно. Вопрос «верно/неверно» содержит эпюр плоской фигуры, состоящей из отрезков частного положения. Студенту необходимо проанализировать расположение всех геометрических фигур и выбрать правильный ответ. Вопрос «выбор пропущенных слов» содержит фразы, основанные на теоретических знаниях дисциплины. Студенту необходимо дополнить логическую фразу. Тестовые задания направлены на проверку и самопроверку

знаний теоретических аспектов дисциплины, умений и навыков чтения и анализа эюр геометрических объектов.

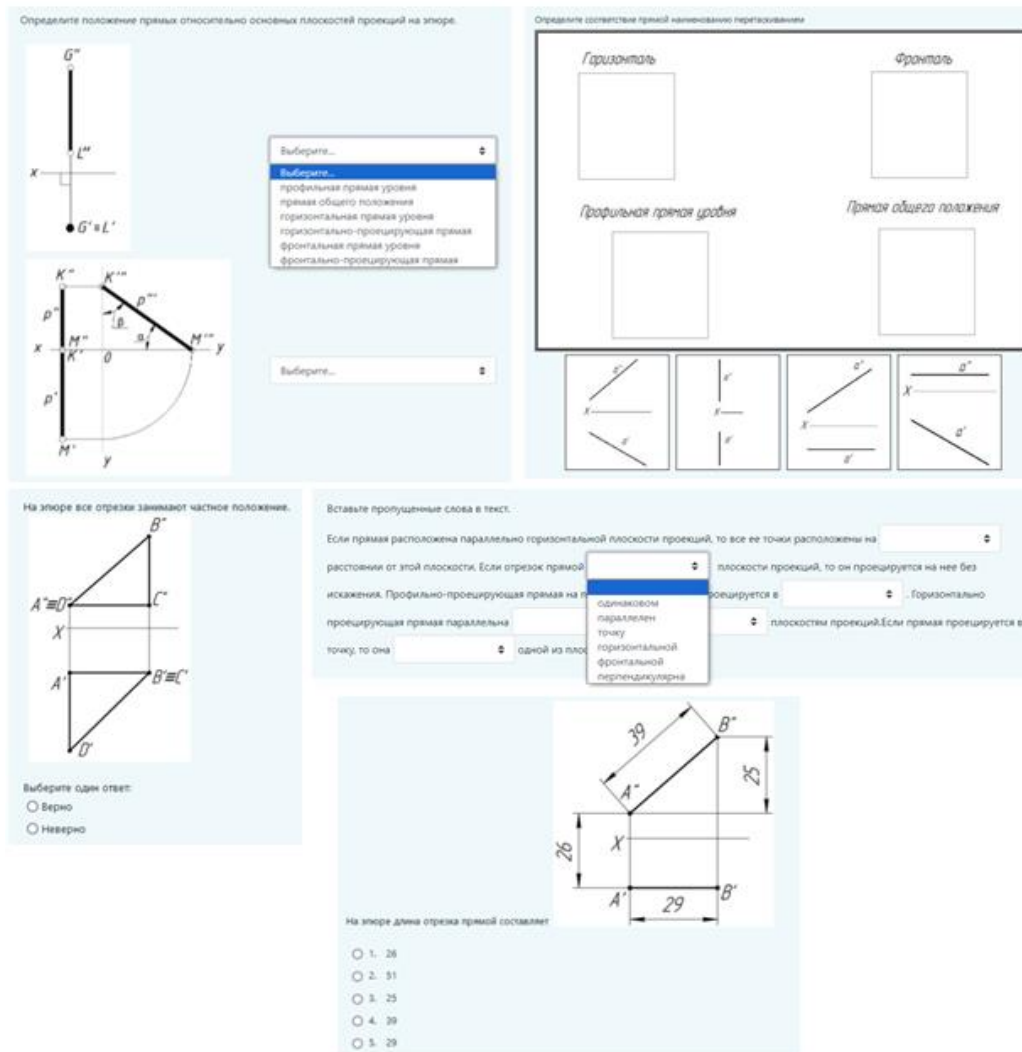


Рисунок 1. Тестовая работа «Положение прямых в пространстве».

На рис. 2 представлен пример задания теста, в котором авторами предлагается вопрос «с множественным выбором» и содержательными комментариями к каждому варианту ответа. Комментарии позволяют студенту после неправильного ответа сконцентрировать свое внимание на узком фрагменте учебного материала в целях ликвидации своей некомпетентности.

Тестовые задания применялись в учебном процессе в течение одно семестра в трех учебных группах при обучении 65 человек. Сравнительный анализ исследуемых групп показал, что группы с входным тематическим тестовым контролем более активно работают на занятиях, совершают меньшее количество ошибок, и успеваемость этих групп согласно данным итогового контроля возрастает.

Таким образом, применение тематического тестирования в рамках самостоятельной работы студентов по дисциплине «Начертательная геометрия» позволит, по мнению авторов, интенсифицировать учебно-познавательную деятельность студентов. Процесс самостоятельной работы будет протекать при меньших затратах и ресурсах с высоким конечным результатом, благодаря применению новых образовательных технологий.



Рисунок 2. Пример тестового задания с комментариями преподавателя к правильным и неправильным ответам.

1. Лаврентьева, Н. Б. Инновационное обучение. Приемы, методы, технологии. [Электронный ресурс] URL: <http://www.edu.ru/db/portal/spe/3v.htm> (дата обращения 27.05.2024).
2. Блинов, В. И. Методика преподавания в высшей школе: учебно-практическое пособие / В.И. Блинов, В.Г. Виненко, И.С. Сергеев. — Москва: Издательство Юрайт, 2024.— 315с.
3. Мясникова Т.С., Мясников С.А. Система дистанционного обучения Moodle. Харьков, Издательство Шейниной Е.В., 2008, 232 с.
4. «Положение об организации внеаудиторной самостоятельной работы студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана». [Электронный ресурс] URL: https://mf.bmstu.ru/assets/info/uu/ot/norm_docs/docs/polozhenie_srs.pdf (дата обращения 06.04.2024).

Суханова Е.В., Хайдарова Н.Ч., Шанава Д.Д.

Сравнительный анализ морских портов и грузооборота на территории Дальневосточного и Азово-Черноморского побережья России

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-08-2024-312

Аннотация

В статье проводится сравнительный анализ грузооборота морских портов по бассейнам, по номенклатуре грузов и по направлениям, также сравнение двух морских портов и их показателей. Проанализированы проблемы развития морских перевозок и предложены пути их решения.

Ключевые слова: транспорт, морской порт, перевозка.

Abstract

The article provides a comparative analysis of the cargo turnover of seaports by basins, by the nomenclature of goods and by directions, as well as a comparison of two seaports and their indicators. The problems of the development of maritime transportation are analyzed and ways to solve them are proposed.

Keywords: transport, seaport, transportation.

Отрасль морских перевозок остается актуальной и востребованной в мировой экономике. Она играет ключевую роль в международной торговле и обеспечивает глобальную интеграцию с основными экономическими центрами мира. Однако, отрасль также сталкивается с вызовами, такими как увеличение конкуренции, нестабильность мировой экономики, изменения в торговой политике и т.д.

Таблица 1

Изменение экспорта/импорта, транзита и каботаж в млн.тонн, период 2022-2023 гг.

<i>Виды перевозок</i>	<i>2022 г.</i>	<i>2023 г.</i>
<i>Экспорт</i>	<i>667,5 млн.т.</i>	<i>470,9 млн.т.</i>
<i>Импорт</i>	<i>36,3 млн.т.</i>	<i>25,9 млн.т.</i>
<i>Транзит</i>	<i>60,7 млн.т.</i>	<i>44,3 млн.т.</i>
<i>Каботаж</i>	<i>77,0 млн.т.</i>	<i>60,2 млн.т.</i>

На основе статистических данных в 2023 году, представленных в (табл. 1), наблюдается снижение всех показателей, наибольшее изменения затронули экспорт, т.к. снижение произошло на 29,5%. По результатам проведенного анализа динамики изменений международного грузооборота можно увидеть изменение: экспорта на 196, 6 млн.т. (-29,5%), импорта на 10,4 млн.т. (-28,7%), транзита на 16,4 млн.т. (-27,02%), каботаж на 16,8 млн.т. (-21,8%) т.е. По экспорту и импорту произошли наибольшие изменения.

Проведем анализ тенденций и структуры номенклатуры грузов, перевозимых за 2022-2023 гг (табл. 2). Объем сухогрузов изменился на 100,4 млн.т. (-24,81%), в частности из-за изменения перевалки угля на 67,56% и зерна на 23,2%. Явно видны увеличения объемов зерна на 25,5 млн.т (+56,54%), минеральных удобрений на 12,5 млн.т. (+51,65%), грузов в контейнерах на 4,8 млн.т. (+10,6%) и грузов на пароме на 1,5 млн.т. (+22,73%). Также уменьшение перевозок угля на 0,9 млн.т. (-0,44%), черных металлов на 3,2 млн.т. (-13,06%), руды на 2,8 млн.т. (-22,22%).

Объем перевозки наливных грузов уменьшился на 139,8 млн.т. (-32,01%), по сравнению с 2022 г. По результатам анализа таблицы 2 наблюдается уменьшение грузооборота нефтепродуктов на 17,3 млн.т. (-12,46%) и сжиженного газа на 1,1 млн.т. (-3,13%), в то время как показатели пищевых грузов и сырой нефти на 1 и 16,2 млн.т. соответственно.

Таблица 2

Грузооборот по номенклатуре в млн.т., в период 2022-2023 гг.

<i>Виды грузов</i>	<i>2023 г.</i>	<i>2022 г.</i>
<i>Сухогрузы</i>	<i>304,3 млн.т.</i>	<i>404,7 млн.т.</i>
<i>Уголь</i>	<i>205,6 млн.т.</i>	<i>206,5 млн.т.</i>
<i>Зерно</i>	<i>70,6 млн.т.</i>	<i>45,1 млн.т.</i>
<i>Грузов в контейнерах</i>	<i>50,1 млн.т.</i>	<i>45,3 млн.т.</i>
<i>Минеральных удобрений</i>	<i>36,7 млн.т.</i>	<i>24,2 млн.т.</i>
<i>Черные металлы</i>	<i>21,3 млн.т.</i>	<i>24,5 млн.т.</i>
<i>Руда</i>	<i>9,8 млн.т.</i>	<i>12,6 млн.т.</i>

Грузы на паромах	8,1 млн.т.	6,6 млн.т.
Наливные	297,0 млн.т.	436,8 млн.т.
Сырая нефть	272,2 млн.т.	256,0 млн.т.
Нефтепродукты	121,5 млн.т.	138,8 млн.т.
Сжиженный газ	34,1 млн.т.	35,2 млн.т.
Пищевые грузы	5,5 млн.т.	4,5 млн.т.

Основная доля грузооборота морских перевозок на 2020-2023 период приходится на Азово-Причерноморский бассейн - 17 морских портов. Из них на территории РФ на Причерноморском побережье расположено 12 портов (Ростов-на-Дону, Азов, Таганрог, Ейск, Темрюк, Кавказ, Тамань, Анапа, Новороссийск, Геленджик, Туапсе, Сочи), а так же на побережье Азовского моря 5 портов (Керчь, Бердянск, Мариуполь и Таганрог). Вторым по объему млн/т идет Балтийский бассейн, на его побережье насчитывается 6 портов (Санкт-Петербург, Усть-Луга, Приморск, Выборг, Калининград, Высоцк). Третий бассейн это Дальневосточный, по количеству портов он занимает первое место, на его побережье 22 порта (Восточный, Ванино, Владивосток, Находка, Пригородное, Петропавловск-Камчатский, Холмск, Корсаков, Зарубино, Ольга, Посыет, Магадан, Москальво, Мыс-Лазарево, Николаевск-на-Амуре, Охотск, Поронайск, Александровск-Сахалинский, Де-Кастри, Невельск, Советская Гавань, Шахтерск) (табл. 3, 4).

Таблица 3

Грузооборот по бассейнам на 2020-2021 гг. млн.тонн.

Бассейны	2020 г.	2021 г.
Арктический	96,0 млн.т.	94,3 млн.т.
Балтийский	241,4 млн.т.	252,8 млн.т.
Азово-причерноморский	251,9 млн.т.	256,8 млн.т.
Каспийский	8,1 млн.т.	7,0 млн.т.
Дальневосточный	223,1 млн.т.	224,3 млн.т.

Таблица 4

Грузооборот по бассейнам на 2022-2023 гг. млн.тонн.

Бассейны	2022 г.	2023
Арктический	98,5 млн.т.	97,9 млн.т.
Балтийский	245,6 млн.т.	248,6 млн.т.
Азово-Причерноморский	263,6 млн.т.	291,4 млн.т.
Каспийский	6,0 млн.т.	7,2 млн.т.
Дальневосточный	227,8 млн.т.	238,1 млн.т.

Рассмотрим темпы роста грузооборота отдельных портов и бассейнов. Для сравнения возьмем два похожих по грузообороту и объему морских бассейна. Это Азово-Причерноморские морские порты и Дальневосточные. Грузооборот за 2023 г. Азово-Причерноморские морские порты – 291, 4 млн.т., Дальневосточные порты – 238,1 млн.т.

Можно сделать выводы о том, что Дальневосточный морской бассейн является самым крупным по количеству портов, у него показатели грузооборота ниже, чем на Азово-Причерноморском побережье.

Основной проблемой развития морской грузоперевозки в России – это нехватка крупных портов с хорошо развитой инфраструктурой, а также мелководность 60% российских портов. Особенно остро эта проблема стоит в районах Арктической зоны и Крайнего Севера России.

Морской порт — это специализированный комплекс сооружений и оборудования, расположенный на побережье моря или океана, предназначенный для приёма, отправки и обслуживания морских судов. Они играют важную роль в международной торговле и транспортировке грузов. Их состояние во многом зависит от экономического развития страны, в которой они расположены. В целом, многие морские порты сталкиваются с проблемами, такими как недостаток инфраструктуры, ограниченный доступ к финансированию для модернизации и развития, а также конкуренция с другими портами.

Как отмечает в своей работе Иванова Е.Ю.: "Теоретический анализ деятельности морских портов необходим для понимания происходящих изменений в развитии экономики, как в отдельном регионе, так и в стране в целом". Статистические данные позволяют следить за изменениями, а также позволяют сравнивать показатели деятельности двух морских портов, делать прогнозы на следующие периоды времени. Сравнение двух морских портов, позволяет выявить причины низкого роста грузооборота и разработать пути решения проблемы.

Рассмотрим, для сравнительного анализа два морских порта из разных морских бассейнов, в данном случае — это порт Невельск (Дальневосточного бассейна) и порт Тамань (Азово-Причерноморского бассейна). Несмотря на то, что порт Невельск крупнее по масштабам, отстает от объема грузооборота порта Тамань. Грузооборот порта Невельск – 1,2 млн.т, а порта Тамань – 6,5 млн.т. за 2023 г. Одной из основных проблем, с которыми сталкиваются морской порт Невельск, является нехватка инвестиций в модернизацию, развитие инфраструктуры и отдаленность от экономически развитых зон. Большинство портов нуждаются в улучшении технологий и оборудования, чтобы обеспечить более эффективную транспортировку грузов и увеличить их конкурентоспособность.

Еще одной проблемой, с которой сталкиваются морские порты, является необходимость соблюдения строгих экологических стандартов. Многие порты испытывают проблемы с загрязнением окружающей среды, что требует введения мер по улучшению охраны окружающей среды и снижения вредного воздействия портовой деятельности.

Очевидно, что для улучшения показателей грузооборота морского порта Невельск можно предложить необходимо: увеличение скорости погрузо-разгрузочных работ, сокращение времени таможенной очистки грузов и т.д.

Сейчас эти показатели вдвое ниже по сравнению с портом Тамань или другими схожими по технологическим характеристикам морскими портами.

Вывод: Для перспектив развития отрасли морских перевозок важно уделить внимание модернизации и развитию инфраструктуры морских портов, внедрению новых технологий для улучшения эффективности перевозок, соблюдению экологических стандартов и улучшению условий работы персонала. Необходимо приоритетное субсидирование из федерального бюджета местных и региональных перевозок в труднодоступных районах Арктической зоны и

Крайнего Севера России. Только при соблюдении этих условий отрасль сможет развиваться и успешно конкурировать на мировом рынке.

1. Грузооборот морских портов России за январь-август 2023 г. // Ассоциация морских торговых портов URL: <https://www.morport.com/rus/news/gruzooborot-morskih-portov-rossii-za-yanvar-avgust> (дата обращения: 9.05.2024).
2. Иванова Е.Ю. Анализ деятельности морских портов России и ее влияние на развитие экономики страны // Транспортное дело России. - 2022. - №338.24. - С. 227-230.
3. Морские порты // Росморпорт URL: https://www.rosmorport.ru/filials/shl_seaports (дата обращения: 15.05.2024).
4. Роботизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ / Т. Е. Мельникова, С. Е. Мельников, И. А. Асманов, Е. Ю. Фаддеева // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – № 7. – С. 65-67. – DOI 10.36535/0236-1914-2021-07-12. – EDN UISXWX.
5. Мельников, С. Е. Актуальные вопросы развития транспортной сети в г. Анадырь / С. Е. Мельников, Д. И. Паршина, А. И. Мильштейн // Вестник транспорта. – 2023. – № 6. – С. 26-28. – EDN NBHTNP.
6. Полешкина, И. О. Методика оценки транспортной доступности населенных пунктов Арктической зоны России / И. О. Полешкина // Железнодорожный транспорт. – 2022. – № 5. – С. 32-37. – EDN VPBXDS.
7. Филиппова, Н. А. Теоретическое исследование факторов, влияющих на процесс доставки грузов в условиях Севера / Н. А. Филиппова, В. М. Беляев // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2010. – № 10. – С. 82-84. – EDN RSGFHL.
8. Полешкина, И. О. Проблемы оценки транспортной доступности северных регионов / И. О. Полешкина // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2021: Материалы Международной-научно практической конференции, Санкт-Петербург, 09–10 ноября 2021 года. Том 1. – Санкт-Петербург: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2021. – С. 57-60. – EDN FBIORT.
9. Беляев, В. М. Основы организации транспортной системы северных регионов / В. М. Беляев, Н. А. Филиппова // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15, № 1(68). – С. 162-167. – EDN ZHZKCF.

Тойгамбаев С.К.

**Выбор схемы и оптимизация режимов плазменной наплавки кулачков
распределительных валов двигателей**

*. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-313

Аннотация

В качестве источника теплоты при плазменной наплавке используется плазменная струя. Она представляет собой высокоинтенсивный источник теплоты, максимальная температура которого может превышать 2000К, что позволяет расплавить различные тугоплавкие материалы. В данной работе представлена методика выбора схемы и оптимизаций режимов плазменной наплавки при ремонте кулачков распределительных валов двигателей внутреннего сгорания.

Ключевые слова: плазматрон; технологический процесс; наплавка; кулачок распределительного вала; проплавка; валик; двигатель; дуговой канал.

Abstract

A plasma jet is used as a heat source during plasma surfacing. It is a high-intensity heat source, the maximum temperature of which can exceed 2000 K, which allows you to melt various refractory

materials. This paper presents a method for selecting the scheme and optimizing the modes of plasma surfacing during the repair of camshafts of internal combustion engines.

Keywords: plasmatron; technological process; surfacing; camshaft cam; melting; roller; motor; arc channel.

Механизированное восстановление кулачков распределительных валов на ремонтных предприятиях осуществлялся с использованием копировальных устройств, принцип действия которых основан на изменении положения распределительного вала в пространстве при неподвижной наплавочной головке.

Применение сжатой дуги и наплавочных порошков для восстановления кулачков распределительных валов за счет мобильности плазмотрона позволяет изменить традиционную схему копирования. В настоящее время научно-исследовательскими институтами (ГОСНИТИ, НПП «Гиперон», НПО «Техноплазма» и др.) разработан ряд копировальных устройств, принцип действия которых основан на вращении распределительного вала и согласованного с ним перемещения в пространстве плазмотрона.

Экспериментальные исследования, проведенные с целью изучения процесса наплавки фасонных поверхностей, показали, что с изменением угла наклона изменяется глубина проплавления, плотность тока, коэффициент формы шва. Изменение этих параметров обусловлено неодинаковыми условиями теплопроводности от дуги к исследуемому образцу. В случае, когда между наплавленной поверхностью и осью плазмотрона острый угол, в зоне наплавки образуется слой расплавленного присадочного материала с температурой около 1400° С, а в этих условиях металл имеет низкую теплопроводность. Соответственно, снижается глубина проплавления и увеличивается ширина валика. При этом, когда наклон поверхности более 90°, происходит непосредственное плавление основного металла, способствующее увеличению глубины проплавления и снижению ширины валика. С учетом вышеизложенного поставлена задача провести экспериментальные исследования, целью которых является выбор и оптимизация режимов плазменной наплавки для восстановления распределительных валов двигателей ЯМЗ-7511.

Выбор схемы и устройств наплавки. Схему наплавки кулачков выбирали из трех вариантов. По первой схеме производили наплавку всего профиля по винтовой линии без колебаний плазмотрона. Во втором случае наплавку осуществляли за один проход с колебаниями плазмотрона на ширину кулачка с началом процесса на вершине и окончанием на этом же участке. По третьей схеме наплавку производили за два прохода с колебаниями плазмотрона. Начало процесса на вершине, а окончание – на противоположном участке цилиндрической части. Второй проход осуществляется аналогично первому, но с перекрытием наплаваемых слоев. Качество наплавленных слоев при обработке по первой схеме удовлетворительное. Недостатком является оплавление торца кулачка (особенно вершины), на котором завершается процесс наплавки. По второй схеме наплавки торцы кулачка оплавляются значительно меньше, но не удовлетворительно качество наплавленного слоя, полученного при переходе плазмотрона от наплавки цилиндрической части к вершине кулачка. Лучшие результаты были получены при наплавке по третьей схеме, ее использовали для оптимизации режимов наплавки кулачков. В результате поисковых исследований установлено, что наплавку кулачков необходимо проводить с регулированием трех параметров: - силы тока наплавки; - скорости; - и расхода порошка. Изменение этих параметров обусловлено сложностью профиля. Установлено также, что другие параметры существенного влияния на процесс не оказывают.

С целью оптимизации режимов наплавки вершины и цилиндрической части кулачков распределительных валов двигателей ЯМЗ-7511, поставлен полный факторный эксперимент

(ПФЭ) 23 с равномерным дублированием опытов. В качестве независимых переменных выбраны: сила тока наплавки (I , А), скорость (V , мм/с), расход порошка (Q , кг/ч). Параметр оптимизации – толщина наплавленного слоя (h , мм). По результатам предварительных исследований (см. рис. 1 и 2) выбраны интервалы и уровни варьирования факторов (табл. 1). Следует отметить, что уровни варьирования силы тока наплавки не могут быть расширены вследствие оплавления торцов кулачка, либо плохого формирования наплавленного слоя в случае снижения силы тока.

Таблица 1.

Уровни варьирования факторов.

Наплаваемый участок	Наименование фактора	Обозначение фактора	Единица измерения	Интервал варьирования	Уровни		
					-	0	+
Вершина кулачка	Ток	$X1$	А	15	150	165	180
	Скорость	$X2$	$\cdot 10^{-3}$ м/с	0,25	1,07	1,32	1,57
	Расход порошка	$X3$	кг/ч	0,12	0,48	0,60	0,72
Цилиндрическая часть	Ток	$X1$	А	15	170	185	200
	Скорость	$X2$	$\cdot 10^{-3}$ м/с	0,18	1,26	1,44	1,62
	Расход порошка	$X3$	кг/ч	0,12	0,36	0,48	0,60

В полном факторном эксперименте постоянными оставались следующие параметры:

1. Напряжение сжатой дуги – 35 В;
2. Диаметр плазмообразующего сопла – $4,0 \cdot 10^{-3}$ м;
3. Расход плазмообразующего газа (аргона) – 1,5.. 2 л/мин;
4. Расход защитного газа (аргона) – 6...8 л/мин;
5. Расстояние от сопла плазмотрона до детали – $(8...10) \cdot 10^{-3}$ м;
6. Амплитуда колебаний – $(15...16) \cdot 10^{-3}$ м;
7. Частота колебаний – 30...40 мин⁻¹.

Эксперименты проводили на кулачках распределительных валов. В качестве наплавочного материала использовали порошковую смесь ПГ-ФБХ6-2+2...5% алюминия. В соответствии с выбранным планом каждый опыт повторяли три раза. Результаты экспериментов представлены в табл. 2. Обработка результатов проведена в известной последовательности:

1. Рассчитана дисперсия опыта, проверена однородность ряда дисперсий.
2. Рассчитаны коэффициенты регрессии.
3. Проведена проверка статистической значимости коэффициентов регрессии.
4. Проведена проверка адекватности модели.

Уравнения регрессии адекватно описывают исследуемый процесс и имеют вид:

- для вершины кулачка:

$$Y = 1,66 + 0,09X_1 - 0,13X_2 + 0,14X_3 + 0,08X_2X_3; \quad (1)$$

- для цилиндрической части:

$$Y = 1,06 + 0,114X_1 - 0,326X_2 + 0,211X_3. \quad (2)$$

Анализируя уравнения (1 и 2), можно отметить, что наибольшее влияние на толщину наплавленного слоя в выбранных интервалах варьирования оказывают скорость наплавки и расход порошка. В меньшей степени влияют ток наплавки и совместное действие скорости и расхода порошка. В уравнении регрессии для цилиндрической части коэффициент от совместного действия этих факторов статистически незначим. Наиболее оптимальными являются режимы в 7-й строке табл. 2 как для вершины кулачка, так и для цилиндрической части.

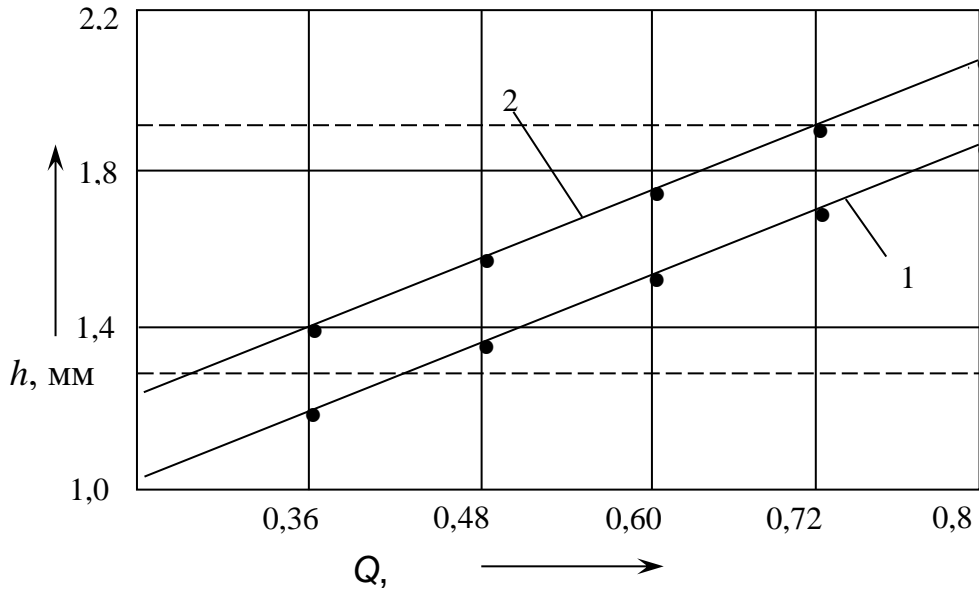


Рисунок 1. Зависимость толщины наплавленного слоя на вершине кулачка от расхода порошка.

Скорость наплавки $1,4 \cdot 10^{-3}$ м/с; 1 – I=150 А; 2 – I=180 А

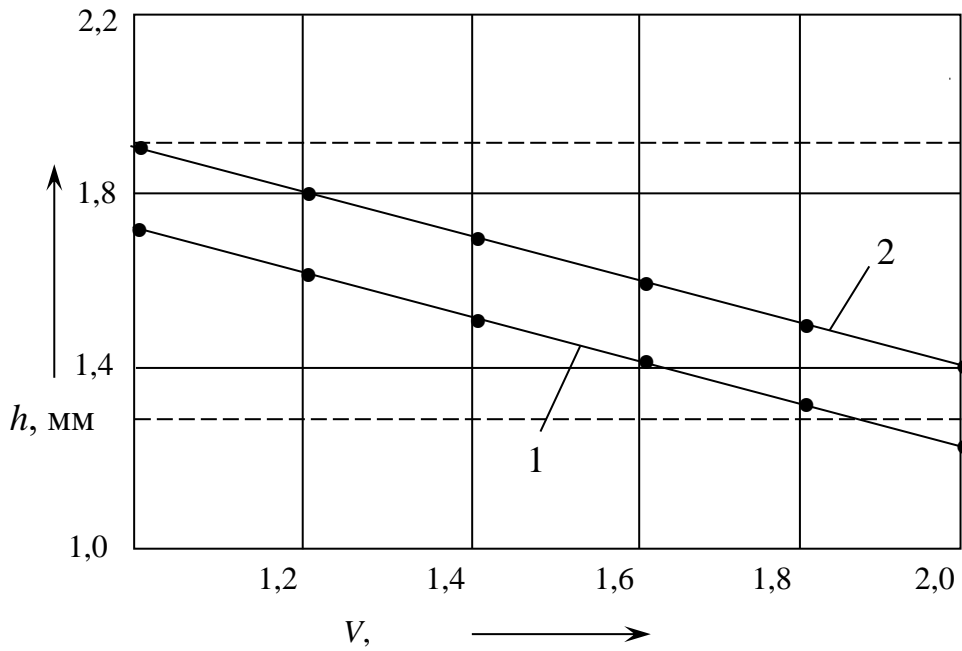


Рисунок 3.2. Зависимость толщины наплавленного слоя на вершине кулачка от скорости наплавки.

Расход порошка 0,6 кг/ч; 1 – I=150 А; 2 – I=180 А

Для практических расчетов уравнение регрессии более удобно в преобразованном виде.

Переход от кодированных значений к натуральным осуществляется по следующим формулам:

$$X1 = (I - I0) / \Delta I; \tag{3}$$

$$X2 = (V - V0) / \Delta V; \tag{4}$$

$$X3 = (Q - Q0) / \Delta Q; \tag{5}$$

где I0, V0, Q0 – натуральные значения независимых переменных на основных уровнях; $\Delta I, \Delta V, \Delta Q$ – значение интервалов варьирования.

Таблица 2

План и результаты полного факторного эксперимента 23.

№ опыта	Уровень фактора			Для вершины кулачка			Для цилиндрической части		
	X 1	X 2	X 3	Среднее значение параметра оптимизации \bar{Y}_i	Дисперсия средняя S_{yi}^2	Расчетное значение параметра оптимизации $Y_i^{расч}$	Среднее значение параметра оптимизации \bar{Y}_i	Дисперсия средняя S_{yi}^2	Расчетное значение параметра оптимизации $Y_i^{расч}$
1	-	-	-	1,65	0,0028	1,64	1,03	0,0108	1,06
2	+	-	-	1,78	0,0039	1,82	1,20	0,0202	1,29
3	-	+	-	1,23	0,0028	1,22	0,39	0,0458	0,41
4	+	+	-	1,40	0,0038	1,40	0,77	0,0187	0,64
5	-	-	+	1,77	0,0013	1,76	1,56	0,0051	1,48
6	+	-	+	1,92	0,0063	1,94	1,75	0,0469	1,71
7	-	+	+	1,60	0,0112	1,66	0,80	0,0039	0,83
8	+	+	+	1,89	0,0111	1,84	0,97	0,0101	1,06

В результате экспериментальных исследований получена математическая модель оптимизации ($h \rightarrow h_{ОПТ}$) режимов плазменной наплавки фасонных поверхностей вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} h = 2,768 + 0,006I - 2,12V + 0,314Q, [\text{мм}] - \text{для вершины кулачков} \\ h = 1,418 + 0,0076I - 1,811V + 1,758Q, [\text{мм}] - \text{для цилиндрической части} \end{array} \right. \quad (6)$$

Выводы:

1. Данная математическая модель (см. формулу 6) позволяет решать прямые и обратные задачи – определять (находить) значения критерия оптимизации (толщины наплавляемого слоя) по выбранным факторам или факторы по выбранным другим параметрам и заданному критерию оптимизации. 2. Полученные зависимости дают возможность оценить технологическую эффективность процесса плазменной наплавки и управлять выходными параметрами для получения износостойких покрытий.

1. Голубев И.Г., Севрюгина Н.С., Апатенко А.С., Фомин А.Ю. Модернизация технологических машин как механизм продления назначенных ресурса и срока службы. / Вестник машиностроения. 2023. № 1. С. 36-41.
2. Дидманидзе О.Н. Метод наплавки порошковых материалов с применением плазмотрона для наплавки износостойких материалов. / Агропродовольственная экономика. 2020. № 3. С. 26-34.3.
3. Евграфов В.А., Орлов Б.Н., Апатенко А.С., Новиченко А.И., Орлов Н.Б. Учет надежности при формировании технологических комплексов машин и оборудования в природообустройстве. / Учебное пособие. Рекомендовано УМО вузов РФ. Москва, 2014.
4. Тойгамбаев С.К. Плазмотрон для наплавки износостойких, фрикционных и других специальных покрытий на поверхность деталей методом наплавки порошковых материалов. / Хабаршы. 2018. № 2 (29). С. 28-34.
5. Тойгамбаев С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации. / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / РГАУ- МСХА им. К.А. Тимирязева. Москва, 2000.
6. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.
7. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Применение электродугового нагрева и центробежной заливки при ремонте деталей машин. / International Journal of Professional Science. 2019. № 10. С. 89-97.
8. Шнырев А.П., Тойгамбаев С.К. Устройство для восстановления бронзовых втулок. / В сборнике: Природоохранное обустройство территорий. Материалы научно-технической конференции. 2002. С. 153-154.
9. Чепурин А.В., Корнеев В.М., Кушнарв С.Л., Чепурина Е.Л., Кравченко И.Н., Орлов А.М. Надежность технических систем. / Учебник / Москва, 2017.

Тойгамбаев С.К.

Технология восстановления кулачков распределительных валов ДВС

*. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-314

Аннотация

В настоящее время основным методом получения плазмы для технологических целей является метод пропускания газовой струи через пламя сжатой электрической дуги, расположенной в узком медном канале. В данной работе представлена технология восстановления кулачков распределительных валов двигателей внутреннего сгорания плазменной наплавкой.

Ключевые слова: плазматрон; электрическая дуга; наплавка; кулачок; распределительный вал; газовая струя; валик; двигатель; дуговой канал.

Abstract

Currently, the main method of producing plasma for technological purposes is the method of passing a gas jet through a flame of a compressed electric arc located in a narrow copper channel. This paper presents a technology for restoring camshafts of internal combustion engines by plasma surfacing.

Keywords: plasmatron; electric arc; surfacing; cam; camshaft; gas jet; roller; motor; arc channel.

Распределительные валы работают в условиях знакопеременных нагрузок. Для их восстановления наиболее рационально применять порошковые твёрдые сплавы. Для большинства кулачков требуется наплавить только верхушку. Однако при значительных износах кулачки наплавляют по профилю и затем шлифуют под номинальный размер. Наплавку выполняют с помощью копировального устройства, смонтированного на токарном станке. Для плавного регулирования скорости наплавки станок приводится в движение от источника постоянного тока. В качестве наплавочных материалов для наплавки кулачков стальных распределительных валов используются порошковые сплавы ПГ-СР4+3%Al, ПГ-ФБХ6-2+6%, ПГ-С1+6%Al. Кулачки чугунных валов наиболее целесообразно наплавлять порошковым сплавом ПГ-СР4+5%Al. Толщин слоя наплавки на вершину кулачка 1,3-1,6 мм, на цилиндрическую поверхность 0,4-0,6 мм. При наплавке сплавов на железной основе (ПГ-ФБХ6-2+6%Al, ПГ-С1+6%Al) на кулачки распределительных валов, изготовленных из стали, в качестве транспортирующего газа можно применять азот. Обработка кулачков, восстановленных порошковыми сплавами ПГ-СР4 с твёрдостью покрытия HRCЭ =45...50 производится шлифовальными кругами из электрокорунда ЭБ16-25С1Б, ЭБ16-25С1К, зернистостью 16-25, средней твёрдости С1 на бакелитовой или керамической связке. Обработка кулачков, восстановленных порошковыми сплавами на основе железа, производится шлифовальными кругами из карбида кремния чёрного или карбида кремния зелёного, зернистостью 16-25, средней твёрдости С1, на керамической связке. Режимы плазменной наплавки для восстановления распределительных валов двигателей ЯМЗ-7511 принимаются из книги Сидорова А.И. "Восстановление деталей машин напылением и наплавкой". Здесь предоставлены режимы наплавки. В процессе наплавки постоянными параметрами оставались расход плазмобразующего газа 1,2-2л/мин, транспортирующего газа 7-9 л/мин, частота колебаний плазмотрона 0,4 - 0,5 Гц; расстояние от плазмотрона до детали 9 - 12 мм.

Таблица 1

Режимы плазменной наплавки.

Параметры	ПГ-СР4+3%Al	ПГ-ФБХ6-2+3%Al
<i>Наплавка вершины кулачка</i>		
Сила тока, А	120 – 140	125 – 150
Напряжение, В	25	30
Частота вращения вала, мин-1	0,45 – 0,50	0,30 – 0,45
Расход порошка	20 - 22	18 - 20
<i>Наплавка цилиндрической поверхности кулачка</i>		
Сила тока, А	160 – 170	180 - 190
Напряжение, В	30	30
Частота вращения вала, мин-1	0,65 – 0,70	0,5 – 0,6
Расход порошка, г/мин	14 – 16	12 – 14
<i>Наплавка опорной шейки вала</i>		
Сила тока, А	170 – 180	190 – 200
Напряжение, В	30	35
Частота вращения вала, мин-1	0,7 – 0,8	0,6 – 0,65
Расход порошка	12 – 14	10 – 12

Таблица 2

Режимы черновой и чистовой шлифовки.

Обрабатываемое покрытие, параметры обработки	Режимы обработки	
	Круг ПП600 × 25 × 305 ЭБ16-25С1Б ЭБ16-25С1К	ПП600 × 25 × 305 КЧ16-25С1К КЗ 16-25С1К
<i>ПГ-СР4+3%Al</i>		
<i>Черновое шлифование</i>		
vk, м/с	34	34
vd, м/с	2,3	2,3
S _{шп} , м/мин	0,60 – 0,64	0,60 – 0,64
Ra, мкм	2,5	2,5
<i>Чистовое шлифование</i>		
vk, м/с	34	34
vd, м/с	4,6	4,6
S _{шп} , м/мин	0,25 – 0,55	0,25 – 0,55
Ra, мкм	0,63 – 0,32	0,63 – 0,32

Расчёт норм времени на обработку. 1. Плазменная наплавка. Время наплавки одного распределительного вала определяется по формуле:

$$T_H = t_{ОСН} + t_{ВСП} + t_{ДОП} + \frac{T_{ПЗ}}{n}, \quad \text{мин}; \quad (1)$$

где, $t_{ОСН}$ – основное время; $t_{ВСП}$ – вспомогательное время; $t_{ДОП}$ – дополнительное время; $T_{ПЗ}$ – подготовительно-заключительное; n – количество наплавляемых деталей в партии.

$$t_{ОСН} = \frac{\pi D \cdot l}{1000 \cdot V_H \cdot S}, \quad \text{мин} \quad (2)$$

$$t_{ОСН} = 4,7 \text{ мин.}$$

Скорость наплавки определяется:

$$V_H = \frac{\alpha_H \cdot I}{h \cdot S \cdot \gamma}, \quad (3)$$

где, α_H – коэффициент наплавки, г/А-ч; $\alpha_H = 12$ г/А-ч; γ – плотность наносимого покрытия; $\gamma = 7,4$; I – сила тока, А; $I = 150$ А; d – диаметр детали;

h – толщина наплавленного слоя, мм;

$$h = \frac{I}{2} + z_1 + z_2, \quad (4)$$

где: I – износ детали, мм; z_1 – припуск на обработку перед покрытием, мм; $z_1 = 0,1$ мм; z_2 – припуск на механическую обработку после нанесения покрытия; $z_2 = 0,4$ мм;
 $h = 1,5 / 2 + 0,1 + 0,4 = 1,25$ мм.

$$t_{OCH} = \frac{3,14 \cdot 51 \cdot 70}{1000 \cdot 34 \cdot 0,7} = 4,7 \text{ мин.}$$

Частота вращения определяется:

$$n_D = \frac{1000 \cdot V_H}{60 \cdot \pi \cdot d}, \quad (5)$$

где, V_H – скорость наплавки.

$$n_D = \frac{1000 \cdot 34}{60 \cdot 3,14 \cdot 51} = 3,4 \text{ мин}^{-1}$$

Норма времени на наплавку распределительного вала складывается из следующих элементов затрат времени:

$$T_H = T_{OCH} + T_{ВСП} + T_{ДОП} + \frac{T_{П.З.}}{n}, \text{ мин} \quad (6)$$

где, T_{OCH} – основное время; $T_{ВСП}$ – вспомогательное время; принимается из таблицы $T_{ВС} = 0,54$; $T_{ДОП}$ – дополнительное время; принимается 3% от $T_{ОП}$;

$T_{ОП}$ – складывается из суммы $T_{OCH} + T_{ВСП}$; отсюда $T_{ДОП} = 0,12$ мин; $T_{П.З.}$ – подготовительно-заключительное; $T_{П.З.} = 15$ мин; n – количество наплавляемых деталей в партии.

Исходя из этих данных, определяется норма времени на наплавку (см. формулу 6):
 $T_H = 4,7 + 0,54 + 0,12 + 15 / 20 = 6,11$ мин.

2. Токарная обработка.

$$T_{OCH} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i, \text{ мин} \quad (7)$$

где: L – расчётная длина обработки в направлении подачи, мм; n – частота вращения, мин⁻¹; S – подача, мм/об.

$$L = 1 + 11 + 12 + 13, \text{ мм} \quad (8)$$

$$L = 70 + 0,8 + 9 + 5 + 1 = 79,8 \text{ мм}$$

Частота вращения определяется как:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (9)$$

$$T_{OCH} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i, \text{ мин}, \quad (10)$$

$$T_{OCH} = \frac{79,8}{20 \cdot S}; \quad T_{OCH} = 5,4 \text{ мин.}; \quad T_H = 5,4 + 0,54 + 0,12 + 10 / 20 = 6,56 \text{ мин.}$$

Выбор наплавочного порошка, плазмообразующего и транспортирующего газов. Наплавка деталей производится износостойкими присадочными металлами, отличными по составу и структуре от основного металла. В этом случае для уменьшения деформаций и предупреждения трещин следует стремиться к тому, чтобы зона плавления была минимальной и достаточно прочной, по пластичной структурной, способной к релаксации напряжения. В большинстве случаев при восстановлении деталей наплавку изношенных поверхностей осуществляют твёрдыми порошковыми сплавами, обладающими высокой износостойкостью.

Однако эти сплавы не обеспечивают в зоне сплавления достаточной прочности из-за образования хрупких прослоек. Поэтому нередко для восстановления деталей, работающих со знакопеременными нагрузками, используется наплавочный материал с меньшим пределом прочности, менее износостойкий, но более пластичный. Выбор высоколегированных порошковых твёрдых сплавов объясняется не только их высокой износостойкостью, но и особыми свойствами, характерными для дисперсных частиц. По сравнению с монолитными проволоками температура плавления их ниже, они имеют более высокую удельную поверхность и их добавление к проволокам значительно увеличивает химическую активность протекания реакций в сварочной ванне, что способствует снижению температуры формирования слоев и повышению их качества. Порошковые твёрдые сплавы по износостойкости в 1,5 раза превосходят традиционно применяемые наплавочные материалы (износостойкие электродные проволоки, порошковые проволоки, ленты). Восстановление с их использованием детали обычно имеют ресурс выше новых.

При плазменной наплавке применяют порошковые твёрдые сплавы на никелевой (ПР-Н70Х17С4Р4, ПР-Н77Х15С3, ПР-Н73Х16С3Р3) и на железной (ПГ-С27, ПГ-УС25, ПГ-ФБС6-2, ПГ-С1) основе. Твёрдость первых составляет $HRCЭ = 35-58$, вторых $HRCЭ = 42-60$. Грануляция порошков для наплавки должна быть не менее 100 мкм, так как мелкие частицы в более значительной степени окисляются и выпадают, кроме того, они забивают сопло плазмотрона. Для наплавки крестовин были отобраны следующие твёрдые сплавы на железной основе: УС-25, сормайт-1, ФБХ-6-2+3%Al, ПГ-СП4+3%Al. Эти сравнительно недорогие и износостойкие сплавы в достаточном количестве выпускаются нашей промышленностью. Однако известно, что твёрдые сплавы обладают значительной хрупкостью и при наплавке часто образуются трещины. Добавление 8% по весу порошкового алюминия в сплавы сормайт-1, УС-25, способствует устранению трещин в наплавочных слоях. Добавка алюминия не снижает износостойкости наплавленных слоев, а наоборот, наблюдается некоторое повышение их.

Плазменную наплавку рационально применять для восстановления распределительных валов с использованием в качестве присадочного материала порошковых твёрдых сплавов на железной и на никелевой основе. В качестве газов для плазмообразования используется аргон с расходом 1,5-2 л/мин. Для транспортирования порошка в сварочную ванну и её защиты могут применяться аргон, расход 6-10 л/мин, и азот 10-16 л/мин. В случае применения аргона качество наплавки, как правило, высокое. Но для распределительных валов, главным образом, посадочных мест, наиболее целесообразно использовать дешёвый азот, применение которого при наплавке порошками на железной основе с обязательным добавлением к последним в процентах по весу порошкового алюминия позволяет получить износостойкие покрытия высокого качества. Химический состав порошков приведён в таблице 3.

Порядок работы на установке. В данном пункте проекта рекомендуется следующий порядок работы на установке для плазменной наплавки распределительных валов.

1. Засыпать просушенный присадочный порошок в бачок питателя.
2. Закрепить распределительный вал в центрах станка и установить плазменную горелку на требуемую высоту.
3. Открыть вентили баллонов и с помощью редукторов установить требуемое давление газов, подаваемых к пульту управления.
4. Включить подачу воды и убедиться, что она проходит через горелку и сливается в канализацию.
5. Включить в сеть пульт управления.
6. Включить токарный станок, зачистить металлической щёткой или наждачной шкуркой место наплавки и установить необходимую скорость вращения детали и шаг наплавки.
7. Установить ток дежурной и прямой дуг.
8. Включить местную вентиляцию.
9. Включить источник тока.

10. Открыть вентиль подачи плазмообразующего и транспортирующего газов, манометром и ротаметром установить их соответствующий расход.
11. С помощью тумблера включить пульт управления.
12. Нажатием кнопки "Пуск" пульта управления включить двигатель порошкового питателя, установить необходимый расход наплавочного порошка.
13. Тумблером, расположенным на пульте управления, включить двигатель порошкового питателя.

Таблица 3

Химический состав хромоникелевых порошков и порошков на железной основе.

Марка	никель	углерод	хром	кремний	бор	железо	марганец	вольфрам	молибден
хромоникелевые порошки									
ПР-Н77Х15СЗР2	Основа	0,35-0,8	14-16	2,8-3,5	1,8-2,3	до 5	—	—	—
ПР-Н73Х16СЗР3	Основа	0,6-0,9	15-17	2,7-3,7	2,3-3,0	до 5	—	—	—
ПР-Н77Х17С4Р4	Основа	0,8-1,2	16-18	3,8-4,5	3,1-4,0	до 5	—	—	—
ПР-Н67Х18С5Р5	Основа	0,9-1,5	16-19	4,0-5,0	4,0-4,7	до 5	до 1	—	—
порошки на железной основе									
ПГ-С27	2 – 4	3,3-4,5	25-28	1,0-2,0	—	Основа	0,8-1,5	0,2-0,4	0,08
ПГ-СР4	3 – 5	3,1-4,3	27-31	1,0-3,0	—	Основа	0,5-1,3	0,4-0,7	0,15
ПГ-С1	3 – 5	2,5-3,3	32-37	2,8-4,2	—	Основа	0,4-1,5	0,4-0,5	—
ПГ-ФБХ-6-2	1,3-2,5	3,5-6,5	32-37	1,0-2,5	1,3-2,0	Основа	0,4-1,5	1,5-4,0	—
ПГ-УС25	1,0-1,8	4,4-5,4	35-41	1,6-2,6	< 2,5	Основа	—	—	—

Выводы:

Плазменную наплавку рационально применять для восстановления распределительных валов с использованием в качестве присадочного материала порошковых твёрдых сплавов на железной и на никелевой основе.

Conclusions:

Plasma surfacing is rationally used to restore camshafts using powdered hard alloys based on iron and nickel as an additive material.

1. Голубев И.Г., Севрюгина Н.С., Апатенко А.С., Фомин А.Ю. Модернизация технологических машин как механизм продления назначенных ресурса и срока службы. / Вестник машиностроения. 2023. № 1. С. 36-41.
2. Дидманидзе О.Н. Метод наплавки порошковых материалов с применением плазмотрона для наплавки износостойких материалов. / Агропродовольственная экономика. 2020. № 3. С. 26-34.3.
3. Евграфов В.А., Орлов Б.Н., Апатенко А.С., Новиченко А.И., Орлов Н.Б. Учет надежности при формировании технологических комплексов машин и оборудования в природообустройстве. / Учебное пособие. Рекомендовано УМО вузов РФ. Москва, 2014.
4. Тойгамбаев С.К. Плазмотрон для наплавки износостойких, фрикционных и других специальных покрытий на поверхность деталей методом наплавки порошковых материалов. / Хабаршы. 2018. № 2 (29). С. 28-34.
5. Тойгамбаев С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации. / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / РГАУ- МСХА им. К.А. Тимирязева. Москва, 2000.
6. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.
7. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Применение электродугового нагрева и центробежной заливки при ремонте деталей машин. / International Journal of Professional Science. 2019. № 10. С. 89-97.
8. Шнырев А.П., Тойгамбаев С.К. Устройство для восстановления бронзовых втулок. / В сборнике: Природоохранное обустройство территорий. Материалы научно-технической конференции. 2002. С. 153-154.
9. Чепурин А.В., Корнеев В.М., Кушнарев С.Л., Чепурина Е.Л., Кравченко И.Н., Орлов А.М. Надежность технических систем. / Учебник / Москва, 2017.

Тойгамбаев С.К.**Расчеты конструкции плазматрона для наплавки порошков при восстановлении работоспособности деталей машин***. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-315

Аннотация

Существующие плазматроны имеют определенные преимущества и недостатки. Основным недостатком является выход из строя плазмообразующего сопла из-за нарушения наплавки - замыкания плазматрона на деталь. Так же подгорание или большая эрозия вольфрамового электрода. В данной работе предлагается конструктивная схема плазматрона с упрощенной конструкцией, повышающая характеристики и обеспечивающая возможности регулирования мощности в процессе работы.

Ключевые слова: плазматрон; технологический процесс; наплавка; технологическое оборудование; токоподвод; дуговой канал; расчетный период.

Abstract

Existing plasma torches have certain advantages and disadvantages. The main disadvantage is the failure of the plasma-forming nozzle due to a violation of the surfacing - the closure of the plasma torch to the part. There is also a burning or large erosion of the tungsten electrode. In this paper, a constructive scheme of a plasma torch with a simplified design is proposed, which increases the characteristics and provides power control capabilities during operation.

Keywords: plasmatron; technological process; surfacing; technological equipment; current supply; arc channel; calculation period.

Бурное развитие электроплазменных процессов предъявляет и плазматронам новые высокие требования. Для каждого технологического процесса применима одна вполне определенная конструкция плазматрона, дающая высокий технико-экономический эффект. Поэтому весьма перспективным являются плазматроны с распределенной дугой, в которых ресурс работы сопла анода значительно увеличивается, при одновременном повышении мощности плазменной струи, при умеренных токах. В систему охлаждения плазматрона входит кольцевой канал, образованный наружной поверхностью электрода и внутренней поверхностью корпуса и соединительным с полостью электрода перепускным радиальными каналами, а также отводящий канал, отличающийся тем, что он снабжен двумя изоляционными втулками. Исходя из анализа патентных исследований можно сделать вывод, что наиболее целесообразно разрабатывать плазматроны с большим ресурсом работы сопел и электродов.

Устройство плазматрона и принцип работы. Разработанный плазматрон предназначен для наплавки износостойких, фрикционных и других специальных покрытий на поверхность деталей методом наплавки порошковых материалов. Плазматрон (рис. 1) представляет собой конструкцию из двух изолированных узлов катодный 1 (верхний) и анодный 2 (нижний), смонтированные в рукоятку. Дуговой канал 3 этих плазматронов образован катодом 4 с вольфрамовой вставкой 5 заделанный в обойму, формирующим соплом 6, секциями межэлектродной вставки 7 и медным анодом 8. Токоподвод осуществляется с помощью проводов 9 к каждой межэлектродной вставке и к входному аноду, а к выходному аноду через трубку, подающую воду 10. Изоляция между корпусами достигается при помощи текстолитовой пластины, имеющей канал для прохождения воды 12 и одновременно поддерживающий при помощи 3-х шпилек 13 нижнюю часть анодного узла, т.е. межэлектродные вставки и выходное сопло. В верхнем катодном узле имеются корпус катод, а соединенный токопроводом одновременно отводящим воду из плазматрона; формирователь газа и электрод. Водяная магистраль плазматрона герметична за счет применения специальных

разъемов и уплотнений. Изоляторы, верхний и нижний корпуса скрепляются между собой четырьмя стальными винтами.

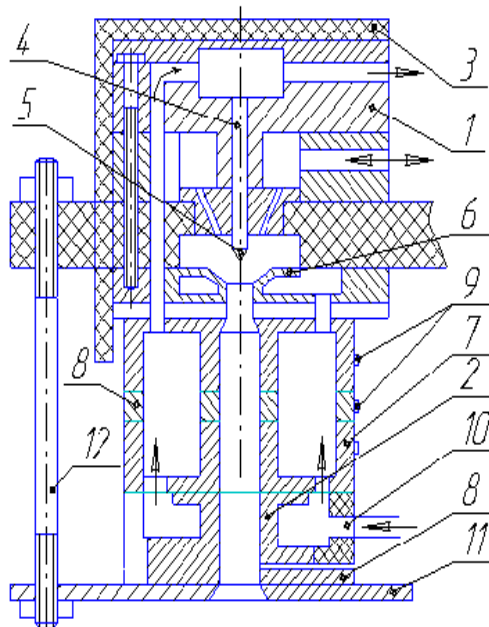


Рисунок 1. Схема разработанного плазматрона

1 - катодный узел; 2 - анодный узел; 3-рукоятка; 4- катод; 5- вольфрамовый электрод; 6- входное сопло; 7- межэлектродная вставка; 8- медный анод; 9- токопровод; 10- водяная трубка; 11- пластина; 12- шпильки;

Катодный узел плазматрона содержащий водоохлаждающий корпус, в котором закреплен вольфрамовый электрод с лантанированной вставкой, хорошо обеспечивающий эмиссионные свойства, является наряду с анодом основным элементом плазматрона, определяющим его ресурс работы. Корпус катода выполнен из меди и имеет отверстия для подачи рабочего газа. Газоформирователь, обеспечивающий аксиальное течение газа, служит для разделения его равномерной подачи в приэлектродный участок и способствует хорошей стабилизации разряда. Газоформирователь из тугоплавкого и теплопроводного материала. Выходное сопло, как и входное, является самой теплонапряженной деталью и служит для формирования плазменной струи. Сопло имеет специальное отверстие для ввертывания штуцера подачи порошков на срез сопла. Секция межэлектродных вставок выполняется тоже из меди и служит для увеличения фиксации дуги в плазматроне, а так же формирования потока.

Фиксация длины дуги значительно уменьшает пульсации потока, частота которых соизмерима со временем нахождения частиц в зоне нагрева. Это положительно влияет на качество нанесения покрытия. Кроме того увеличение длины дуги приводит к увеличению температуры и скорости плазменной струи, позволяет повысить производительность процесса. В плазматронах с межэлектродными вставками применяется многоступенчатая схема возбуждения дугового разряда (рис.2.). Она включает поджигающее устройства, или осциллятор и систему последовательного включения и отключения секций межэлектродных вставок. Сначала электрическая дуга зажигается между катодом и входным соплом, а далее при последовательном включении сначала первой секции вставок далее с последующими секциями. После зажигания основной дуги между электродом и соплом, дуга проходит под давлением рабочего газа, подаваемого в камеру. Анодное пятно дуги перемещается по оси анодного узла, и столб дуги оказывается сбалансированным и фиксированным.

Расчет параметров плазматрона. 1. Геометрический расчет. Настоящее время нет единой методики расчета плазматронов, тем более плазматронов с межэлектродными вставками, поэтому некоторые размеры будем брать из расчетов аналогичных плазматронов. Все рассчитываемые и принимаемые геометрические показатели на рисунке 3.

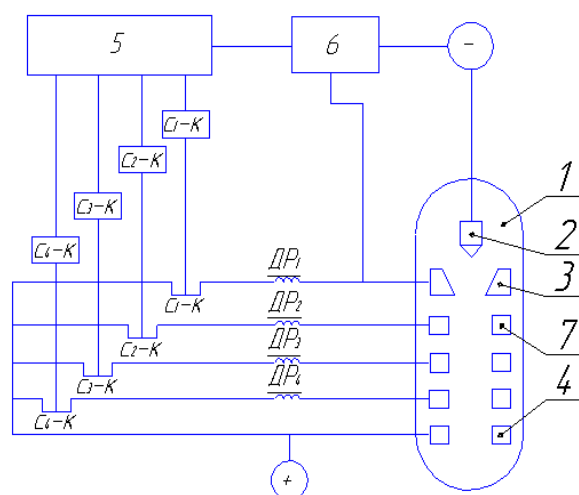


Рисунок 2. Схема зажигания дуги

1-плазматрон; 2-катод; 3- входное сопло; 4- выходное сопло; 5-блок управления; 6- осциллятор; 7- секция МЭВ; ДР-дросель; С-К- контакторы.

Выберем диаметр электрода из диапазона диаметров плазматронов с межэлектродными вставками, $d = 6$ мм. Принимаем минимальный диаметр, так как нужен менее мощный плазматрон или известный ($d_э = 0,6$ см) применяемый в промышленности плазматрон. Определяем диаметр выходного сопла по соотношению

$$d_{вс} = 1,25 d_э, \text{ см} \quad (1)$$

$$d_{вс} = 1,25 \cdot 0,6 = 0,8 \text{ см}$$

Исходя из баланса мощности плазматрона, следует:

$$d_{вс} / d_э (1 + 2 / s_{вс} / d_{вс}) = 0,105 Q_в \quad (2)$$

где $s_{вс}$ – толщина стенки или сопла, см; $Q_в$ – расход охлаждающей воды в плазматроне, л/мин.

В известных плазматронах расход воды обычно составляет $Q_в = 8 \dots 12$ л/мин.

Рассчитаем толщину стенки для $Q_в = 10$ л/мин преобразовав формулу (2)

$$s_{вс} = 1/2 \cdot d_{вс} (10 d_{вс} / 0,15 \cdot d_э - 1); \text{ см.}, \text{ поставив значения, получим}$$

$$s = 1/2 \cdot 0,8 (10 / 0,8 / 12 \cdot 0,15 - 1) = 0,52 \text{ см} = 0,052 \text{ м.}$$

расстояние от вершины электрода до верхнего среза цилиндрического участка сопла:

$$l = 0,432 \cdot d_{вс}, \text{ см} \quad (3)$$

$$l = 0,432 \cdot 0,8 = 0,34 \text{ см} = 0,0034 \text{ м.}$$

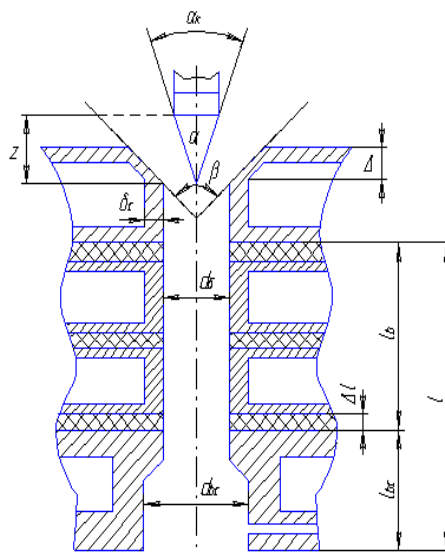


Рисунок 3. Схема геометрических параметров плазматрона
высоту заточки вольфрамового электрода определяем по формуле

$$Z_0 = (\operatorname{tg} \alpha / 2) / (d_э / 2), \text{ см.} \quad (4)$$

где α - угол заточки вольфрамового электрода, принимаем $\alpha = 90^\circ$

$$Z_0 = \operatorname{tg} 30^\circ / 0,3 = 1,2 \text{ см} = 0,012 \text{ м}$$

Угол сужения входной части канала примем $\alpha = 90^\circ$.

Определим диаметр входного сопла и канала:

$$d_c = 0,75 \cdot d_{вс}, \text{ см} \quad (5)$$

Рассчитаем длину межэлектродной вставки:

$$l_{в1} = l_{в} / n, \text{ см} \quad (6)$$

где, n - число межэлектродных вставок; $l_{в}$ - длина секции из межэлектродных вставок.

$$l_{в} = l - l_{вс} - \Delta l, \text{ см} \quad (7)$$

где l - общая длина канала, см; Δl - толщина изоляции между вставками, см; $l_{вс}$ - длина выходного сопла, см.

В предыдущей работе приведен расчет плазматронов с межэлектродными вставками, отсюда примем: $l = 8$ см; $l_{вс} = 2,5$ см; $\Delta l = 0,1$ см; $n = 5$

$$l_{в} = 8 - 2,5 - 0,1 \cdot 6 = 4,9 \text{ см, отсюда } l_{в1} = 4,9 / 5 = 0,98 \text{ см.}$$

Направление ввода материала примем перпендикулярное осевой линии канала, то есть угол ввода материала $\alpha = 90^\circ$.

2. Расчет деталей на прочность. На рисунке 4 приведена расчетная схема шпилек стягивающих верхнюю и нижние части плазматрона и обеспечивающие герметичность в канале для охлаждения плазматрона.

Условия прочности на растяжение:

$$\sigma_r = F_a / A_{ш} \leq [\sigma_r] \quad (8)$$

где, F_a - осевая нагрузка, действующая на одну шпильку, кг.; $[\sigma_r]$ - допустимое напряжение на растяжение кг/мм², $[\sigma_r] = 30$ кг/мм²; $A_{ш}$ - площадь поперечного сечения шпилек, мм².

Определим осевую нагрузку на шпильки.

$$F_a = P \cdot S, \text{ н} \quad (9)$$

где P - давление действующее на нижнюю полость канала, кг/см²; S - площадь поперечного сечения, мм²; $P = 8$ кг/см² по техническим условиям плазматронов. $D = 14$ мм, $d = 8$ мм.

$$\text{тогда } S = \pi D^2 / 4 - \pi d^2 / 4 = 1/4 \pi (D^2 - d^2) \quad (10)$$

Подставив значение найдем

$$S = 1/4 \cdot 3,14 \cdot (14^2 - 8^2) = 103,6 \text{ мм}^2, \text{ отсюда } F_a = 0,08 \cdot 103,6 = 8,28 \text{ н.}$$

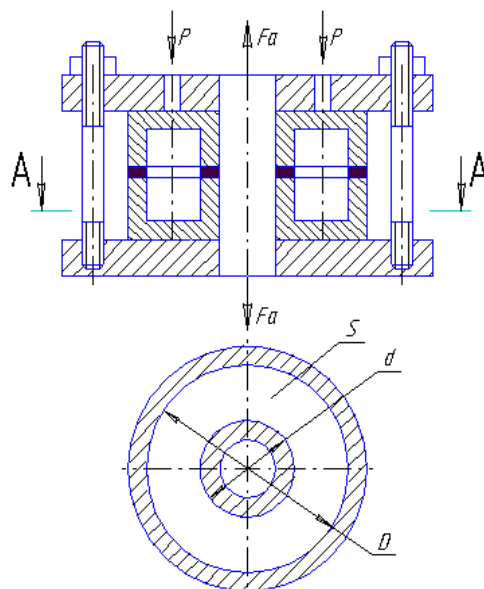


Рисунок 4. Схема расчета шпилек.

Из формулы (8) выразим площадь шпилек:

$$A_{ш} = F_a / [\sigma]; \text{ мм}^2, \quad (11)$$

$$A_{ш} = 8,28 / 30 = 0,276 \text{ мм}^2 = 0,00276 \text{ м}^2$$

В конструкции плазмотрона предусмотрены 3 шпильки:

$$A_{ш,} = A_{ш}/n, \text{ мм}^2 \quad (12)$$

где n – число шпилек; $A_{ш,}$ – сечение одной шпильки, $A_{ш} = 0,092 \text{ мм}^2$

Диаметр одной шпильки:

$$d_{ш,} = 4A_{ш}/\pi, \text{ мм} \quad (13)$$

$$d_{ш,} = 4 \cdot 0,092 / 3,14 = 0,35 \text{ мм} = 0,0035 \text{ м}$$

Примем шпильку наименьшим диаметром по ГОСТ с учетом коэффициента запаса $d_m = (2 \dots 5) \cdot d_{ш,}$; $d_m = (2 \cdot 5) \cdot 0,35 = 5 \text{ мм}$

3. Расчет охлаждения плазмотрона. Система охлаждения в плазмотроне необходима для принудительного отвода тепла от горячих деталей. Исходная величина для расчета системы охлаждения, количество теплоты необходимое отвести от плазмотрона в охлаждающую среду. Тепловые потери для различных длин межэлектродных вставок определяется по формуле:

$$Q = Q_a + Q_k + Q_{вс} \cdot \text{Дж} \quad (14)$$

где Q_a – потери тепла через анод, Дж; Q_k – потери тепла через катод, Дж; $Q_{вс}$ – потери тепла через вставки, Дж.

Будем считать, что все потери тепла отводятся водой, т.е.

$$Q = Q_{охл}, \text{ Дж} \quad (15)$$

При длине вставок $l_{вс} = 4,5 \text{ см}$, тепловые потери составляют

$$Q_a = 21,3 \cdot 106 \text{ Дж}; \quad Q_k = 6,1 \cdot 106 \text{ Дж}; \quad Q_{вс} = 7,4 \cdot 106 \text{ Дж}$$

$$Q = 21,3 \cdot 106 + 6,1 \cdot 106 + 7,4 \cdot 106 = 34,8 \cdot 106 \text{ Дж.}$$

Определяем массовую подачу воды насосом:

$$Q_{в} = Q_{охл} / C_{в}(T_{вх} - T_{вых}), \text{ кг/ч} \quad (16)$$

где $C_{в}$ – удельная теплоемкость воды Дж / кг/к; $C_{в} = 4,178 \text{ Дж/ кг/к}$;

$T_{вх}$ – температура входа воды, 0К; $T_{вых}$ – температура выхода воды, 0К.

$T_{вх} = 2880\text{К}$, $T_{вых} = 3080\text{К}$,

$$\text{тогда } Q_{в} = 34,8 \cdot 106 / 4,178 \cdot (308 - 208) = 610 \text{ кг/ч} = 10,2 \text{ л/мин}$$

4. Расчет и обоснование параметров характеризующих режим работы плазмотрона. В плазмотронах с межэлектродными вставками время прохождения частиц газа увеличивается, тем самым температуру достаточную для расплавления частиц можно достичь при меньших токах. Мощность плазменной струи зависит от длины канала, это можно выразить формулой;

$$q_{ст} = T \cdot k \cdot L_k M_{ЭВ} / V_n; \text{ кВт} \quad (18)$$

где T – температура плазмы, 0; k – коэффициент теплопередачи, Дж / м²;

L_k – длина активной зоны, м; V_n – скорость плазменной струи, м/с.

Существует формула для вычисления мощности плазменной струи в зависимости от тока дуги:

$$q_{ст} = 6,38 G \cdot J_d \cdot L_k^{1,07} \cdot e^{0,088 L_k} \quad (19)$$

где G – расход газа, м³/ч; J_d – ток дуги, А.

Выразим ток дуги из формулы (18) и получаем выражение;

$$J_d = T \cdot l \cdot L_k / V_n \cdot 6,38 \cdot G \cdot L_k^{1,07} \cdot e^{0,088 L_k}, \text{ А} \quad (20)$$

расход газа примем из условия;

$$3 < G < 5, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (21)$$

принимаем $G = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$; $L_k = 0,08 \text{ м}$ (см. расчет конструкции); $k = 6 \dots 8,5$

Дж/м², примем $k = 7,2 \text{ Дж/ м}^2$; $T = (12 \dots 14) \cdot 10^3, \text{ 0С}$; $V_n = (3 \dots) \cdot 10^2, \text{ м/с}$.

e – экспонента

Подставив значения найдем:

$$J_d = 13 \cdot 10^3 \cdot 7,2 \cdot 10^3 \cdot 0,08 / 3,5 \cdot 10^2 \cdot 6,38 \cdot 4 \cdot 0,081,07 \cdot e^{0,088 \cdot 0,08} = 126 \text{ А}$$

Для этого значения определим напряжение дуги по обобщенной формуле

$$U_d = J_d / d \cdot 2,77 (J_d^2 / Gd) - 0,38 \cdot (G/d) - 0,27 \cdot (L_k/d)^{0,63}, \text{ В} \quad (22)$$

$$U_d = 126 / 0,008 \cdot 2,77 (126^2 / 4 \cdot 0,008) - 0,38 \cdot (4 / 0,008) - 0,27 \cdot (0,08 / 0,008)^{0,63} = 192,7 \text{ В.}$$

Мощность плазматрона равняется:

$$P_{\text{пр}} = I_{\text{д}} \cdot U_{\text{д}}, \text{ кВт} \quad (23)$$

$$P_{\text{пр}} = 126 \cdot 192,7 = 24192 \text{ Вт} = 24,2 \text{ кВт}$$

Определим КПД плазматрона

$$\eta = (P_{\text{потр}} - \Delta P) / P_{\text{потр}} \cdot 100, \% \quad (24)$$

где ΔP – потеря мощности

$$\Delta P = 34,8 \cdot 106 \text{ Дж} = 34,8 \cdot 106 \cdot 0,27 = 9,4 \text{ кВт}$$

$$\eta = (24,2 - 9,4) / 24,2 \cdot 100 = 61 \%$$

Выводы

Весьма перспективными являются плазматроны с распределенной дугой, в которых ресурс работы сопла анода значительно увеличивается, при одновременном повышении мощности плазменной струи, при умеренных токах. В таких плазматронах, кроме того, удается фиксировать длину дуги при помощи межэлектродных выставок. Эти плазматроны обладают высокой энергетической эффективностью преобразования электрической энергии в тепловую и возможностью получения максимального КПД технологического процесса. Разработка плазматрона позволит расширить номенклатуру восстанавливаемых деталей и более полно использовать возможности плазменной установки.

Conclusions

Plasmatrons with a distributed arc are very promising, in which the service life of the anode nozzle increases significantly, with a simultaneous increase in the power of the plasma jet, at moderate currents. In such plasma torches, in addition, it is possible to fix the arc length using interelectrode exhibitions. These plasma torches have a high energy efficiency of converting electrical energy into thermal energy and the ability to obtain maximum efficiency of the technological process. The development of the plasma torch will expand the range of recoverable parts and make more full use of the capabilities of the plasma installation

1. Голубев И.Г., Севрюгина Н.С., Апатенко А.С., Фомин А.Ю. Модернизация технологических машин как механизм продления назначенных ресурса и срока службы. / Вестник машиностроения. 2023. № 1. С. 36-41.
2. Дидмандзе О.Н. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий./ Методичес. указание. МГАУ им. Горькина. Москва. 2000. С.73.
3. Евграфов В.А., Апатенко А.С., Новиченко А.И. Применение организационно – экономических методов при формировании парка машин в производственных организациях агропромышленного комплекса./ Монография. Москва. 2014. С. 128.
4. Евграфов В.А., Орлов Б.Н., Апатенко А.С., Новиченко А.И., Орлов Н.Б. Учет надежности при формировании технологических комплексов машин и оборудования в природообустройстве. / Учебное пособие. Рекомендовано УМО вузов РФ. Москва, 2014.
5. Тойгамбаев С.К. Плазматрон для наплавки износостойких, фрикционных и других специальных покрытий на поверхность деталей методом наплавки порошковых материалов. / Хабаршы. 2018. № 2 (29). С. 28-34.
6. Тойгамбаев С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации./ Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва, 2006.
7. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.
8. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Применение электродугового нагрева и центробежной заливки при ремонте деталей машин. / International Journal of Professional Science. 2019. № 10. С. 89-97.
9. Шнырев А.П., Тойгамбаев С.К. Устройство для восстановления бронзовых втулок. / В сборнике: Природоохранное обустройство территорий. Материалы научно-технической конференции. 2002. С. 153-154.
10. Чепурин А.В., Корнеев В.М., Кушнарв С.Л., Чепурина Е.Л., Кравченко И.Н., Орлов А.М. Надежность технических систем. / Учебник / Москва, 2017.

Халиков Р.М.¹, Иванова О.В.¹, Павлов С.Ю.², Глазачев А.О.¹

Инновационные тенденции эффективного приготовления битумных эмульсий при строительстве автомобильных дорог

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет

²Уфимский университет науки и технологий
(Россия, Уфа)

doi: 10.18411/trnio-08-2024-316

Аннотация

Рассмотрены современные технологии приготовления эффективных водно-битумных эмульсий в дорожном строительстве. Наиболее технологично использование битумных эмульсий в форме полидисперсных микрокапель диаметром 1-20 мкм битума, распределенных в дисперсионной среде.

Ключевые слова: битумная эмульсия, строительство автодорог.

Abstract

Modern technologies for the preparation of effective water-bitumen emulsions in road construction are considered. The most technologically advanced use of bitumen emulsions in the form of polydisperse microdrops with a diameter of 1-20 microns of bitumen distributed in a dispersion medium.

Keywords: bitumen emulsion, road construction.

Новые разработки эмульсионных нанотехнологий являются одними из эффективных направлений в дорожном материаловедении, которые позволяют достигать ресурсосбережения, технологичности и экологичности конструирования качественных асфальтобетонных дорожных покрытий. Битумные дорожные эмульсии используются в технологии строительства автодорог и транспортной инфраструктуры: устройства защитных слоев и слоев износа; реконструкция асфальтобетонного покрытия в холодном состоянии; закрепления откосов земляного полотна и подвижных песков; при ремонтных работах и в качестве эффективной добавки при комплексном укреплении грунтов земляного полотна (известью, цементом) и др. [1-3]. Актуальной проблемой остается востребованное оптимальное приготовление и расширение использования многофункциональных водно-битумных эмульсий в дорожно-строительном комплексе.

Цель данной статьи – рассмотрение перспективных направлений приготовления и использования новых битумных дорожных эмульсий в строительстве и эксплуатации автодорог.

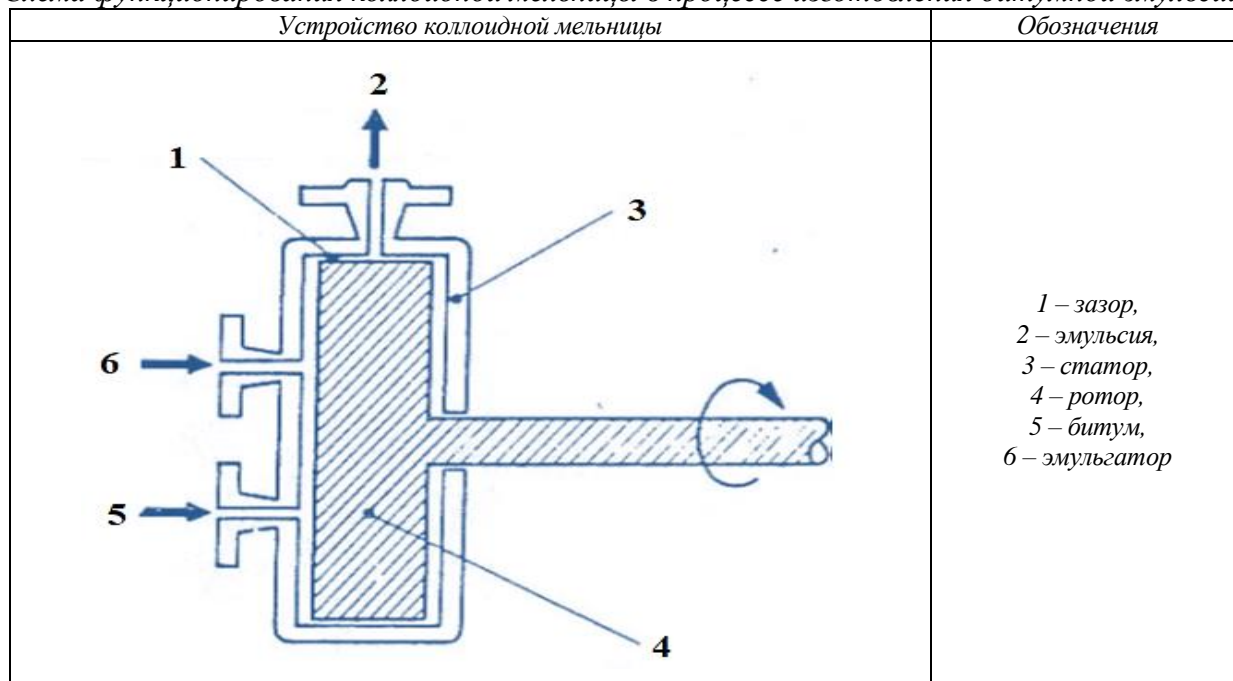
В дорожном строительстве наиболее технологично использование прямых битумных эмульсий (битумная дисперсная фаза распределена в форме полидисперсных микрокапель диаметром 1-20 мкм в водной дисперсионной среде) с достаточно низкой вязкостью. Для физического дробления битумных компонентов (диспергирования) используются различные установки: коллоидные мельницы, ультразвуковые диспергаторы и т.п.

Многотоннажное производство битумной эмульсии (4-25 т/ч и более) предполагает конструирование технологической установки, которая включает: коллоидную мельницу, емкость битума, блоки приготовления и дозирования водной фазы и эмульгатора, резервуар хранения приготовленной водно-битумной эмульсии. Количество дорожных битумов БНД 60/90 варьирует в эмульсии 30-80 масс. %; водной фазы – мягкой воды (жесткость не более 6 мг-экв./л) 25-70 масс. %; эмульгатора 0,2-2,7 масс. % и других вспомогательных компонентов (стабилизатора – 30-35 % водный раствор хлорида кальция 0,1-0,5 масс. %). Температура приготовления битумной эмульсии составляет 95°C, битумный компонент нагревают до 150°C, а температура водной фазы 70°C.

Основными частями коллоидной мельницы для технологии приготовления битумной эмульсии являются вращающийся ротор и статор, а между ними – малый зазор 0,3-0,5 мм (таблица 1). Ротор вращается с большой угловой скоростью: от нескольких тысяч оборотов в минуту в производственных коллоидных мельницах и свыше 10 тысяч об/мин в лабораторных мельницах. Диаметр битумных микрокапель снижается при уменьшении зазора между ротором и статором или за счет увеличения угловой скорости ротора коллоидной мельницы.

Таблица 1

Схема функционирования коллоидной мельницы в процессе изготовления битумной эмульсии.



Для придания битумным эмульсиям агрегатной устойчивости при высоких концентрациях дисперсной фазы используют специальные эмульгаторы. После формирования эмульсий битумные микрокапли стабилизируются поверхностно-активными эмульгаторами: молекулы эмульгаторов состоят из полярной (гидрофильной) и гидрофобной (неполярной) частей; неполярная часть ориентирована к битумному компоненту, а гидрофильная часть – к водной фазе. В дорожном строительстве и реконструкции применяются на сегодняшний день преимущественно универсальные катионные эмульсии, которые обеспечивают достаточно высокую адгезию битумного вяжущего к поверхности минеральных порошков и щебня кислой и основной природы.

Катионные эмульгаторы – синтетические алкиламины; катионактивным эмульгаторам относятся производные замещенного аммония ($R-NH_3^+$) после взаимодействия с соляной кислотой. Микрокапли битумной фазы приобретают электрические заряды: при катионактивных – положительные, а за счет хлоридных противоионов – отрицательный двойной электрический слой. Действие молекул эмульгатора объясняется тем, что, сосредотачиваясь на поверхности раздела водно-битумной эмульсии, они препятствуют обратному слиянию (коалесценции) битумных микрокапель (таблица 2).

Одноименно заряженные микрокапли битумного вяжущего диаметром $\approx 5-10$ мкм отталкиваются за счет двойного электрического слоя и вследствие не слипаются между собой, что придает эмульсиям устойчивость. Например, в эмульсиях с содержанием 1,2% эмульгатора флокуляция и коалесценция битумной фазы практически отсутствует [4]. Следует отметить, что ресурсосберегающие тенденции импортозамещения дорожно-строительных материалов требует разработки анионактивных отечественных эмульгаторов для конструирования износостойких слоев [5]. При производстве битумных эмульсий в качестве анионактивных

эмульгаторов эффективно используются нефтехимические промышленные отходы нафтеновых кислот и др.

Одним из инновационных тенденций является получение битумных эмульсий контролируемым распадом при использовании: супрамолекулярный механизм заключается в иницировании самопроизвольной флокуляции при контакте с минеральным порошком и щебнем. Кинетика распада водно-битумных эмульсий главным образом регулируется типом и дозировкой эмульгатора; на скорость контролируемого разрушения влияют тип заполнителя дорожного полотна, температура и прочие факторы [6, 7].

Таблица 2

Схема распределения электрических зарядов в катионной битумной эмульсии.

Положительно заряженные микрокапли битума	Обозначения
<p>The diagram illustrates the structure of a cationic bitumen emulsion. It shows two large circular bitumen droplets (labeled '2') containing positive charges, represented as $[R-NH_3]^+$. Each droplet is surrounded by a double layer of emulsifier molecules (labeled '3'). The inner layer of the emulsifier consists of positive charges, while the outer layer consists of negative charges. The entire system is dispersed in an aqueous phase (labeled '1').</p>	<p>1 – водная фаза; 2 – битумная эмульсия; 3 – двойной электрический слой эмульгатора</p>

Для того, чтобы эмульсионно-минеральная смесь оставалась удобоукладываемой в течение заданного технологией дорожных работ времени, физико-химический состав самораспадающихся битумных эмульсий должен быть подобран тщательно. Гидрофильный полиакрилат с невысокой вязкостью, состоящий из коротких гидрофобных звеньев, способствует большей устойчивости битумных эмульсий. Модифицированные холодные эмульсионные смеси с многофункциональными добавками полиакрилатов используются для заделки выбоин участков автомобильных дорог при высокой относительной влажности воздуха и низких температурах [8].

Таким образом, эффективное приготовление и использование битумных эмульсий в случае нецелесообразности применения горячего битума усиливает безопасность и экологичность (битумные эмульсии не имеют запаха, не горючи); увеличивает диапазон времени устройства и ремонта автодорог; существенно улучшает качество асфальтобетонных покрытий.

1. Неволин, Д.Г. Инновационные технологии проектирования и строительства автомобильных дорог / Д.Г. Неволин, В.Н. Дмитриев, Е.В. Кошкарлов и др. Екатеринбург: УГУПС, 2015. 291 с. EDN XVMFGB.
2. Исмаилов, А.М. Качественные показатели российских битумных дорожных эмульсий / А.М. Исмаилов, Ю.Г. Лазарев // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. №8(71). С.41-50. EDN YCCQHC.
3. Халиков, Р.М. Качественное улучшение технологических характеристик асфальтобетонных покрытий автодорог взаимодополняющими инновационными добавками / Р.М. Халиков, С.Ю. Павлов, А.О. Глазачев // Тенден. развития науки и образ. 2023. №103-7. С.119-122. EDN EDEZJB.
4. Коротков, А.В. Влияние количества эмульгатора на дисперсность и вязкость битумной эмульсии / А.В. Коротков, Э.В. Котлярский // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. №10(189). С.24-25. EDN TFCBCF.

5. Глазачев, А.О. Синергетические технологии конструирования износостойких слоев асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / А.О. Глазачев, С.Ю. Павлов, О.В. Иванова и др. // Тенденции развития науки и образования. 2024. №106-9. С.22-25. EDN XFWWBO.
6. Middendorf, M. Influence of the application method of bitumen emulsion on the layer bond / M. Middendorf, D. Kempf, S. Böhm // International Journal of Pavement Research and Technology. 2023. DOI 10.1007/s42947-023-00357-0. EDN VAJVOB.
7. Халиков, Р.М. Эффективное укрепление оснований дорожного полотна автодорог известково-шлаковыми вяжущими на базе многотоннажных отходов / Р.М. Халиков, О.В. Иванова, С.Ю. Павлов, А.О. Глазачев // Тенден. развития науки и образ. 2023. №103-7. С.116-119. EDN WSOPAU.
8. Тенников, А.А. Оценка эмульгирующей способности цвиттерионных ПАВ при создании водобитумных эмульсий / А.А. Тенников, А.И. Абдуллин, Е.А. Емельянычева и др. // Вестник Технологического университета. 2018. Т. 21, № 3. С.90-93. EDN UOCDOG.

Хуо Ж., Юй Ш.

Оценка характеристик осаждения частиц в пластинчатых отстойниках на основе Ansys Fluent

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-317

Аннотация

В данной статье анализируется применение пластинчатых отстойников в технологии водоподготовки и основные принципы их проектирования. Пластинчатые отстойники используются для эффективного разделения взвешенных веществ и жидкостей путем гравитационного осаждения и межпластинчатого удержания. Широкое применение этих устройств наблюдается на стадии первичного отстаивания на очистных сооружениях, в процессах очистки промышленных сточных вод, а также при предварительной обработке водопроводной воды. Исследования использовалась программа ANSYS FLUENT для численного моделирования структуры потока в отстойнике и процесса осаждения частиц различного диаметра. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность осаждения частиц диаметром более 200 мкм. Эти результаты являются важным теоретическим обоснованием и практическим руководством для оптимального проектирования и инженерного применения пластинчатых отстойников.

Ключевые слова: пластинчатый отстойник, Тонкослойный модуль, Численное моделирование, Ansys Fluent.

Abstract

This article analyzes the application of plate sedimentation tanks in water treatment technology and the basic principles of their design. Plate sedimentation tanks are used for the effective separation of suspended solids and liquids through gravitational sedimentation and inter-plate retention. These devices find wide application in the primary sedimentation stage of wastewater treatment plants, industrial wastewater treatment processes, and the pretreatment of tap water. The ANSYS FLUENT program was employed to numerically simulate the flow structure in the sedimentation tank and the sedimentation process of particles of varying diameters. The results confirm the high sedimentation efficiency of particles larger than 200 μm . These findings provide crucial theoretical justification and practical insights for the optimal design and engineering application of plate sedimentation tanks.

Keywords: plate sedimentation tank, Lamella module, Numerical modeling, Ansys Fluent.

Введение

Пластинчатые отстойники широко применяются в водоподготовке с момента их появления. Их конструкция основана на использовании тонких диагонально расположенных модулей для эффективного разделения взвешенных веществ и жидкостей путем гравитационного осаждения и межпластинчатого удержания, что делает их высокоэффективным оборудованием для разделения твердых и жидких фаз [1]. Эти устройства

находят применение при высокоскоростной обработке сточных вод, включая первичные отстойники, промышленные очистные сооружения и предварительную обработку водопроводной воды. Конструкция пластинчатых отстойников включает несколько тонких модулей, размещенных под углом от 45 до 60 градусов, что обеспечивает достаточное вертикальное расстояние для быстрого осаждения взвешенных частиц под действием гравитации. Поверхность каждого тонкослойного модуля обычно имеет мелкие прорези или перегородки для увеличения поверхности осаждения и продления времени контакта воды с материалом, что значительно повышает эффективность разделения фазы. С развитием современной науки и техники моделирование на основе конечно-элементного анализа используется все чаще и настойчивее при анализе инженерных проектов. Таким образом, в данном исследовании использовалась программа ANSYS FLUENT с целью изучения эффективности осаждения в пластинчатых отстойниках и оценки структуры потока в различных областях внутри отстойников, а также процесса осаждения частиц различного диаметра.

Методы

1. Создание модели

В данном исследовании была разработана модель с использованием программного обеспечения SpaceClaim. Геометрия модели соответствует конструкции пластинчатого отстойника и способна точно отразить условия течения внутри отстойника. На рис. 1 показана конструкция пластинчатого отстойника, включающая зоны входа, зоны осаждения, тонкослойный модуль, зоны чистой воды и зоны выхода. Угол наклона тонкослойного модуля составляет 60 градусов, способствующий эффективному осаждению взвешенных частиц. Входная труба отстойника имеет высоту $h = 0,3$ м и ширину $b = 2,18$ м.

Процесс работы пластинчатого отстойника заключается в следующем: сточные воды, содержащие взвешенные частицы, поступают в резервуар через входной патрубок, внутри тонкослойного модуля взвешенные частицы под действием силы тяжести оседают на дно резервуара, образуя слой осадка, и одновременно с этим из выходного отверстия вытекает относительно чистая вода.

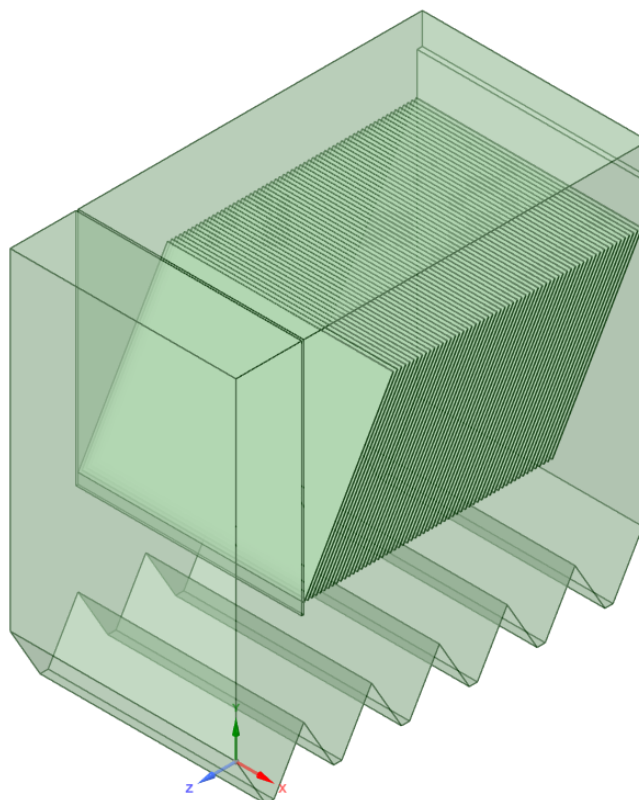


Рисунок 1. Конструкция пластинчатого отстойника.

Гранулометрический состав взвешенных частиц в бытовых сточных водах был изучен в работе [2]. В этом исследовании в сточные воды были добавлены взвешенные частицы с размерами 50 мкм, 100 мкм, 200 мкм и 300 мкм на основе экспериментальных данных.

2. Создание сетки вычислительных областей

Для создания сетки вычислительной области модели в данном исследовании использовалась программа Meshing. Для достижения точного моделирования течения внутри отстойника и сокращения времени расчета была выбрана тетраэдрическая сетка с размером элемента 0,15 м. Результаты анализа качества сетки показали, что она удовлетворяет вычислительным требованиям.

3. Настройка моделирования многофазного потока

Модель рассматривает двухфазное течение твердых частиц и жидкости, предполагая, что жидкость является несжимаемой ньютоновской жидкостью. Плотность жидкости выбрана равной 998,2 кг/м³, а плотность твердого тела - 1100 кг/м³. Для моделирования движения твердых частиц и учета турбулентного характера потока была использована модель k-ε [3]. Эта модель широко применяется для моделирования турбулентных жидкостей и демонстрирует достоверные результаты.

4. Граничные условия

В качестве входного устройства используется скоростной вход со скоростью $V=0,1$ м/с, который учитывает только осевую скорость, не учитывая движение жидкости или частиц в других направлениях. Выходное отверстие настроено как напорное с давлением $P=0$ Па, область контакта с воздухом определена как открытая граница, а все стенки в расчетной области обозначены как стенки без скольжения.

5. Модельное решение

Принят формат двумерного постоянного дискретного решателя, уравнения решаются по неявной схеме; в качестве метода численного решения системы уравнений Навье-Стокса принят SIMPLE алгоритм. Общее время решения для одной модели составляет 50 секунд и шаг по времени равен 0,01 секунды.

Результаты

На рис. 2 показано распределение скорости потока воды внутри отстойника. Из рисунка следует, что скорость потока значительно уменьшается при прохождении через тонкую модульную зону отстойника. Изменение скорости в основном сосредоточено в зоне осаждения, что соответствует фактическим наблюдениям. Эти результаты демонстрируют, что работа потока воды в отстойнике может быть точно смоделирована с использованием ANSYS FLUENT.

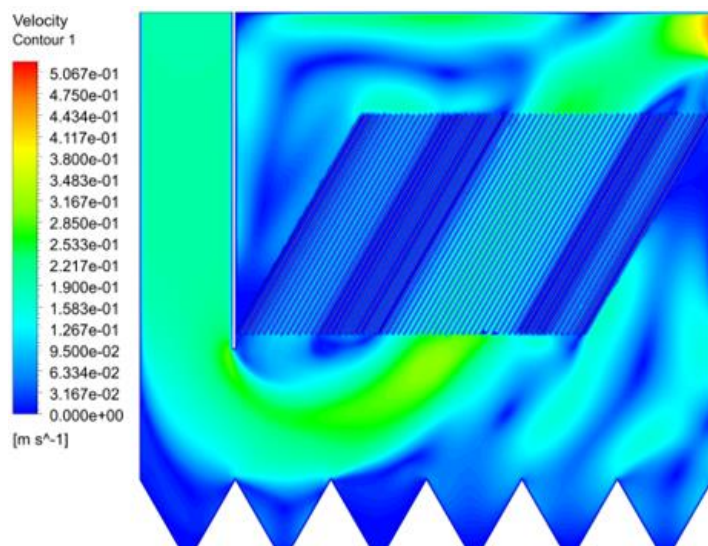


Рисунок 2. Распределение скоростей внутри отстойника.

На рис. 3 показана объемная доля частиц различного размера в тонкослойном модуле. Согласно результатам эксперимента, частицы диаметром 50 мкм и 100 мкм после прохождения через тонкослойный модуль под действием вихревых токов остаются в взвешенном состоянии в зоне чистой воды и затем переносятся потоком воды (рис. 3, а, б). В отличие от этого, большая часть частиц диаметром 200 мкм задерживается в тонкослойном модуле и в конечном итоге оседает в зоне осадка, при этом лишь небольшое количество частиц попадает в выходной поток воды (рис. 3, в). Частицы диаметром 300 мкм, напротив, демонстрируют значительное оседание, преимущественно распределяясь в зоне осадка и полностью задерживаясь в тонкослойном модуле, что в итоге приводит к их оседанию в зоне осадка (рис. 3, г).

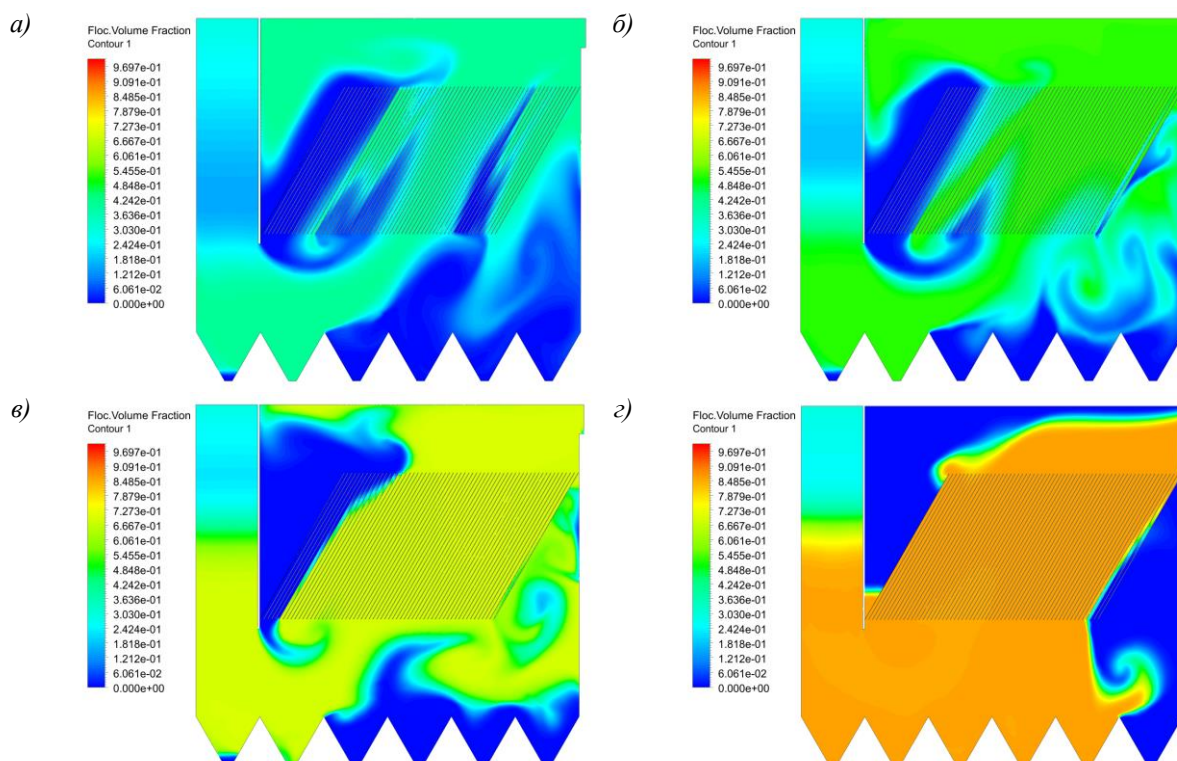


Рисунок 3. Объемные доли частиц разного диаметра и траектории их седиментации.

а) 50 мкм; б) 100 мкм; в) 200 мкм; г) 300 мкм

Выводы

С помощью численного моделирования была проведена систематическая оценка поведения потока частиц различного диаметра в пластинчатом отстойнике. Результаты показывают, что частицы диаметром более 200 мкм эффективно осаждаются. Использование ANSYS FLUENT для анализа условий течения и осаждения частиц в пластинчатых отстойниках обладает значительным потенциалом для практического применения. Этот метод моделирования может способствовать улучшению технического проектирования и повышению эффективности осаждения взвешенных частиц в пластинчатых отстойниках.

1. Brown, Deborah J. Design of lamella separators. Part 2. Diss. // Loughborough University, 1986.
2. Levine, Audrey D., George Tchobanoglous, and Takashi Asano. "Size distributions of particulate contaminants in wastewater and their impact on treatability." // water Research. 1991. Pp. 911-922.
3. Ding D, Wu S. Numerical application of k-ε turbulence model to the flow over a backward-facing step // Science China Technological Sciences. 2010. №53. Pp. 2817–2825.

**Шамутдинов А.Х., Рахимжанов Н.Е., Брыкин Д.Н.
Кинематика КМУ на базе квадроцикла**

*Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В.
Хрулева
(Россия, Омск)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-318

Аннотация

В статье решены основные задачи кинематики манипулятора, в частности, в специальной военной технике – крано-манипуляторной установки (КМУ). Представлена кинематическая схема крано-манипуляторной установки и на основе её, с учетом геометрико-кинематических зависимостей, разработана её расчетная схема. Используя инструмент векторной алгебры – матрицы поворота вокруг координатных осей, составлены матричные уравнения кинематики, для определения положения рабочего органа КМУ в любой момент времени от углов поворота его звеньев, а также найти эти углы поворота (обобщенные координаты) как функции координат его рабочего органа (схвата).

В перспективе это поможет определить рабочую зону исследуемого манипулятора КМУ при работе с различными объектами военной транспортной техники, что увеличит эффективность и мобильность его эксплуатации.

Ключевые слова: крано-манипуляторная установка, квадроцикл, прямая и обратная задача, роботизация, боевой модуль, хват, рукав, абсолютная система координат, обобщенные координаты.

Abstract

The article solves the main problems of the kinematics of the manipulator, in particular, in special military equipment - a crane-manipulator unit (KMU). The kinematic diagram of the crane-manipulator unit is presented and, based on it, taking into account the geometric-kinematic dependencies, its calculation scheme is developed. Using the tool of vector algebra - the matrix of rotation around the coordinate axes, matrix equations of kinematics are compiled to determine the position of the working body of the KMU at any time from the rotation angles of its links, and also to find these rotation angles (generalized coordinates) as functions of the coordinates of its working body (grip).

Keywords: crane-manipulator installation, quad bike, direct and inverse problem, robotization, combat module, gripper, sleeve, absolute coordinate system, generalized coordinates.

Технический прогресс обуславливает постоянное изменение характера военных угроз и военных конфликтов. Российская Федерация (РФ) в своей военно-технической политике делает ставку на интенсивное техническое и технологическое развитие государства и ее Вооруженных Сил (ВС). В основополагающих документах Российской Федерации в области обороны и безопасности страны декларируется, что оснащение ВС РФ должно производиться только вооружениями и военной техникой (ВВТ), не уступающими или превосходящими по своим характеристикам зарубежные образцы, что должно осуществляться за счет модернизации высокотехнологического сектора промышленности [1].

Вследствие этого возрастает актуальность проведения исследований в области роботизации ВВТ, с последующей реализацией соответствующих организационных решений. В современной военной техники достаточно большое количество различных роботов. Это роботы-саперы, и роботы-танки, и самолеты-беспилотники и многие другие. Но не часто можно встретить робота с манипуляторами. С их помощью осуществляется выполнение транспортных, монтажных, сборочных и других операций, аналогичные тем, которые выполняет человек руками. Таким образом, одной из частных задач робототехнических комплексов военного назначения (РТК ВН) является разработка манипуляторов для доставки грузов в назначенные районы, в том числе и в места ведения боевых действий.

Коллективом Омского автобронетанкового инженерного института разработан опытный образец РТК ВН представленного на рис. 1, который может использоваться формированиями материально-технического обеспечения в тактическом звене для перевозки грузов, технической разведки и охраны складов, баз и arsenалов [2-4].

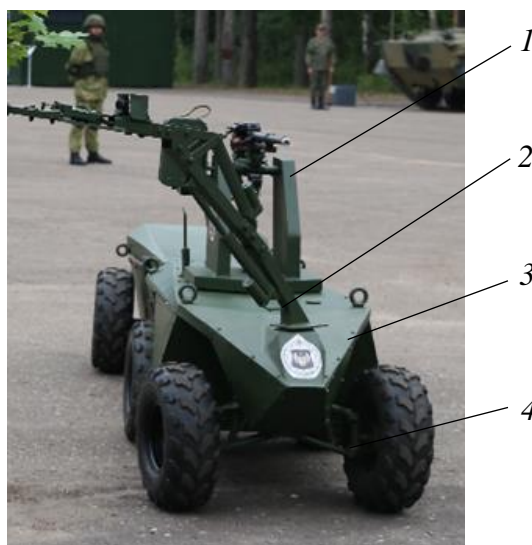


Рисунок 1. Робототехнический комплекс военного назначения:
0 – Боевой модуль; 1 – Манипулятор; 2 – Корпус; 3 – Ходовая часть

Чаще при эксплуатации КМУ бывает, когда необходимо определить положение и ориентацию рабочего органа манипулятора (схвата), при известных значениях угла поворотов звеньев манипулятора относительно друг друга. В кинематике – это прямая задача, т.е. прямая задача для крано-манипуляционной установки (КМУ) – это вычисление положения (x_A , y_A , z_A) рабочей платформы КМУ по его кинематической схеме и значениях обобщенных q_i , т.е. по заданным обобщенным координатам q_i найти положение точки Р схвата рабочей платформы. Кроме этого, возникает потребность в решении обратной задачи кинематики – вычисление величин обобщенных координат q_i по заданному положению (x_A , y_A , z_A) рабочей платформы (схвата) при известной схеме кинематики КМУ (рис. 2).

Зададимся обобщенными координатами: $q_1 = \varphi_1$ – вращение упора 1 (вместе с 1-м, 2-м рукавами (2, 3) и схватом 4) вокруг оси OZ; $q_2 = \varphi_2$ – вращение рукава 2 (вместе с 3-м рукавом и схватом 4) вокруг оси Y; $q_3 = \varphi_3$ – вращение рукава 3 (вместе со схватом 4) вокруг оси Y. Необходимо определить положение схвата 4, а именно, координаты т. А, в зависимости от обобщенных координат: $x_A = f_1(q_1, q_2, q_3)$, $y_A = f_2(q_1, q_2, q_3)$ и $z_A = f_3(q_1, q_2, q_3)$ [5].

Составим расчетную схему данного манипулятора в системе координат OXZ (рис. 3, а). Геометрические параметры схемы: $\alpha = \text{const}$ – угол наклона упора, $l_1 = \text{const}$ – длина упора, $l_2 = \text{const}$ – длина 1-го рукава манипулятора, $l_3 = \text{const}$ – длина 2-го рукава манипулятора.

Из рис. 3 находим:

$$\left. \begin{aligned} x_A &= l_1 \cdot \cos \alpha + l_2 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \cos \varphi_3, \\ z_A &= l_1 \cdot \sin \alpha + l_2 \cdot \sin \varphi_2 + l_3 \cdot \sin \varphi_3. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Из $\Delta O_2 A O_3$, по известной теореме, находим:
 $(O_3 A)^2 = (O_2 A)^2 + (O_2 O_3)^2 - 2(O_2 A) \cdot (O_2 O_3) \cdot \cos(\beta - \varphi_2)$ или $l_3^2 = \rho^2 + l_2^2 - 2\rho \cdot l_2 \cdot \cos(\beta - \varphi_2)$,

откуда

$$\varphi_2 = \beta - \arccos \left(\frac{x_A^2 + z_A^2 + l_2^2 - l_3^2}{2l_2 \cdot \sqrt{x_A^2 + z_A^2}} \right). \quad (2)$$

$$\cos \beta = \frac{x_A}{\rho} = \frac{x_A}{\sqrt{x_A^2 + z_A^2}}, \quad \beta = \arccos\left(\frac{x_A}{\sqrt{x_A^2 + z_A^2}}\right)$$

Из ΔO_2AB находим:
выражение (2), находим:

$$\varphi_2 = \arccos\left(\frac{x_A}{\sqrt{x_A^2 + z_A^2}}\right) - \arccos\left(\frac{x_A^2 + z_A^2 + l_2^2 - l_3^2}{2l_2 \cdot \sqrt{x_A^2 + z_A^2}}\right). \quad (3)$$

Из ΔO_2AO_3 находим: $\rho^2 = l_2^2 + l_3^2 - 2l_2 \cdot l_3 \cdot \cos \gamma = l_2^2 + l_3^2 - 2l_2 \cdot l_3 \cdot \cos(\pi - \varphi_3 + \varphi_2)$, откуда

$$\varphi_3 = \varphi_2 - \arccos\left(\frac{x_A^2 + z_A^2 - (l_2^2 + l_3^2)}{2l_2 \cdot l_3}\right). \quad (4)$$

Подставляя в выражение (3) формулу (4), находим:

$$\varphi_3 = \arccos\left(\frac{x_A}{\sqrt{x_A^2 + z_A^2}}\right) - \arccos\left(\frac{x_A^2 + z_A^2 + l_2^2 - l_3^2}{2l_2 \cdot \sqrt{x_A^2 + z_A^2}}\right) - \arccos\left(\frac{x_A^2 + z_A^2 - (l_2^2 + l_3^2)}{2l_2 \cdot l_3}\right). \quad (5)$$

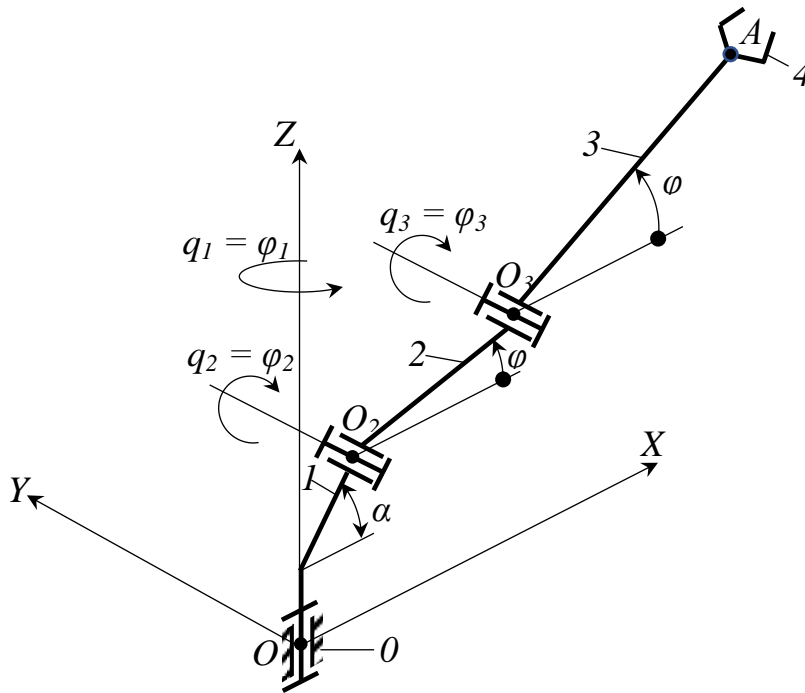


Рисунок 2. Трёхподвижный манипулятор: 0 – Стойка с вращательной кинематической парой; 1 – Упор; 2 – 1-й рукав; 3 – 2-й рукав; 4 – Схват

Рассматривая вид сверху, рис. 3, а преобразуется в рис. 3, б, из которого, а именно, из

ΔO_1Ax_A , видно:

$$tg \varphi_1 = \frac{y_A}{x_A}, \quad \text{откуда}$$

$$\varphi_1 = \arctg \frac{y_A}{x_A}. \quad (6)$$

Из выражения (6) находим

$$y_A = (l_1 \cdot \cos \alpha + l_2 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \cos \varphi_3) tg \varphi_1 \quad (7)$$

Используя матричную запись, запишем выражения (1) и (7):

$$\begin{pmatrix} x_A \\ y_A \\ z_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \cos \varphi_2 & \cos \varphi_3 \\ (\cos \alpha) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 & (\cos \varphi_2) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 & (\cos \varphi_3) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \\ \sin \alpha & \sin \varphi_2 & \sin \varphi_3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \end{pmatrix} \quad (8)$$

Объединяя (3), (5) и (6), запишем:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 &= \operatorname{arctg} \frac{y_A}{x_A}, \\ \varphi_2 &= \arccos \left(\frac{x_A}{\sqrt{x_A^2 + z_A^2}} \right) - \arccos \left(\frac{x_A^2 + z_A^2 + l_2^2 - l_3^2}{2l_2 \cdot \sqrt{x_A^2 + z_A^2}} \right), \\ \varphi_3 &= \arccos \left(\frac{x_A}{\sqrt{x_A^2 + z_A^2}} \right) - \arccos \left(\frac{x_A^2 + z_A^2 + l_2^2 - l_3^2}{2l_2 \cdot \sqrt{x_A^2 + z_A^2}} \right) - \arccos \left(\frac{x_A^2 + z_A^2 - (l_2^2 + l_3^2)}{2l_2 \cdot l_3} \right). \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

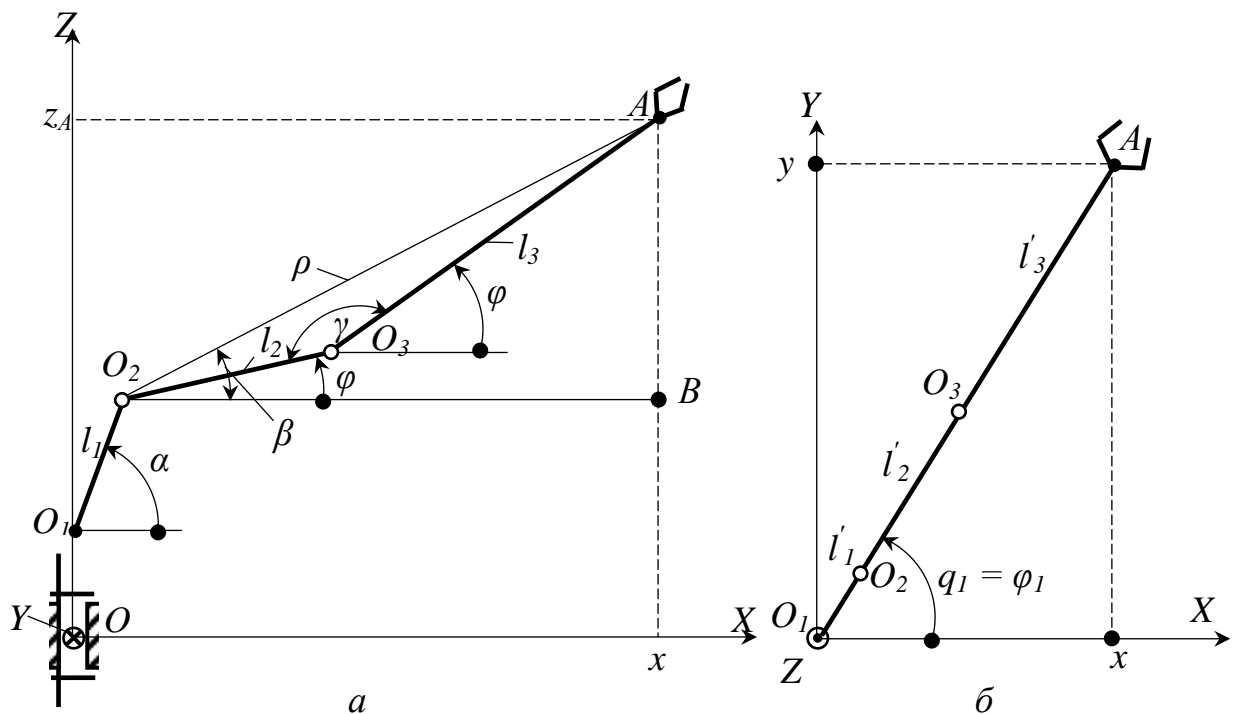


Рисунок 3. Расчётная схема трёхподвижного манипулятора в системе координат а) OXZ, б) OXY

Вывод:

Уравнения (8) – (9) представляют собой решения прямой и обратной задач кинематики для данного КМУ и позволяют определить положение исполнительного органа (схвата) манипулятора и выбрать схему нагружения для определения усилий, а также увеличит эффективность и мобильность эксплуатации КМУ в военной специальной транспортной технике.

Результаты исследований могут быть использованы специалистами, занимающимися вопросами анализа и синтеза манипуляторов, вспомогательных подъемно-транспортных средств и грузозачно-транспортные устройств.

1. Указ Президента РФ от 02.07.2021 N 400 "О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации" – Текст: [Электронный ресурс]/Консультант плюс – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/. Загл. с экрана.
2. Рахимжанов Н.Е. Применение робототехнического комплекса военного назначения для доставки боеприпасов подразделениям, находящимся в зоне огневого воздействия / Транспортные средства специального назначения: разработка, производство и модернизация// Н.Е. Рахимжанов, А.А. Величко. – Омск, ОАБИИ, часть 1, инв. № 699л, С. 3-7, ОАБИИ, 2022.
3. Пат. № 2783879 Российская Федерация, МПК F41H 13/00 (2006.01), F41H 11/16 (2011.01), B25J 5/00 (2006.01) Робототехнический комплекс технической разведки С.В. Приймак ; заявитель и патентообладатель ВАМТО. - № 2021116694 ; заявл. 7.06.21 ; опубл. 21.11.22, Бюл. № 33.
4. Пат. РФ № 2016115295/19.05.2016. МПК B25J1/00. Балакин П.Д., Шамутдинов А.Х. Пространственный механизм с шестью степенями свободы // Патент России №170930. 2017. Бюл. № 14.
5. К. Фу, Р. Гонсалес, Ли К. Робототехника: Пер. с англ. – М: Мир, 1989. – 624 с., ил.

Шипиловских Н.А., Валюк А.С..

Оптимизация алгоритмов сортировки данных для производственной эффективности

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-319

Аннотация

Данная статья обсуждает важность оптимизации алгоритмов сортировки. Описывается задача упорядочивания элементов массива, приводятся основные типы сортировок и их эффективность. Особое внимание уделяется устойчивости и неустойчивости алгоритмов, а также оценке их сложности.

Ключевые слова: оптимизация алгоритмов, сортировка данных, устойчивость и неустойчивость, оценка сложности, кеширование, язык программирования C++.

Abstract

This article discusses the importance of optimizing sorting algorithms. The task of ordering array elements is described, the main types of sorting and their effectiveness are given. Special attention is paid to the stability and instability of algorithms, as well as the assessment of their complexity.

Keywords: algorithm optimization, data sorting, stability and instability, complexity estimation, caching, C++ programming language.

Оптимизация алгоритмов сортировки данных является важным аспектом разработки программного обеспечения для производственной эффективности. Алгоритмы сортировки [1] обрабатывают массивы элементов любого типа. Такая задача заключается в упорядочении элементов массива в определённом порядке, обычно по возрастанию или убыванию данных. Упорядочение набора данных означает перемещение элементов в определённом порядке, так чтобы каждый следующий элемент увеличивался или уменьшался по сравнению с предыдущим. Сортировка данных является одной из основных операций, выполняемых компьютерами, и эффективность её реализации имеет прямое влияние на производительность программ.

В начале своего развития сортировки [2] включали алгоритмы, такие как сортировка пузырьком, сортировка ставкой (или шейкерная сортировка) и сортировка выбором. Сегодня эти алгоритмы считаются простыми и примитивными.

Сегодня существуют большое множество алгоритмов сортировок [3] и каждый алгоритм имеет свои преимущества и недостатки. И чтобы определить сильные стороны алгоритмов сортировки данных их проверяют на устойчивость, неустойчивость, а также оценку сложности.

Устойчивость и неустойчивость в алгоритмах относятся к равноправной обработке элементов с одинаковыми значениями. Устойчивость означает, что при сортировке элементов с одинаковыми значениями сохраняется их относительный порядок. А в свою очередь неустойчивость означает, что при сортировке элементы с одинаковыми значениями могут менять свой относительный порядок. Устойчивость и неустойчивость в алгоритмах сортировки важны при работе с данными, где важен порядок их следования.

Оценка сложности в алгоритмах - это понятие, которое позволяет оценить время выполнения алгоритма или количество необходимых ресурсов (например, памяти).

Существует несколько видов оценок сложности:

Временная сложность: определяет, какой объем работы необходим для выполнения алгоритма. Это может быть указание количества операций, производимых алгоритмом, или указание времени, необходимого для выполнения алгоритма.

Пространственная сложность, которая определяет, сколько дополнительной памяти требуется для работы алгоритма.

Теоретическая сложность: определяет абстрактную оценку сложности алгоритма на основе его структуры и характеристик.

Для того чтобы оценить сложность в алгоритмах используется функция, которая обозначается как $O(f(n))$, где $f(n)$ зависит от размера входных данных n . Это позволяет определить максимальное количество дополнительной памяти, используемой алгоритмом, в зависимости от размера входных данных n . Благодаря этому можно выбрать наиболее оптимальный алгоритм.

Чтобы оптимизировать работу алгоритмов сортировок используется кеширование. Используются следующие кеширования:

Кеширование результатов: в некоторых алгоритмах можно использовать кеширование результатов, чтобы избежать повторного выполнения вычислений с одними и теми же входными данными.

Кеширование данных: Алгоритмы - обработчики данных также могут использовать кеширование для ускорения доступа к данным. Например, алгоритм сжатия данных может использовать кэш-память для хранения предварительно загруженных или распакованных блоков данных.

Из большого многообразия языков программирования, для примеров алгоритмов сортировок данных в данной работе будет использоваться язык C++. Так как этот язык является одним из наиболее популярных языков программирования в мире и применяется во многих областях разработки.

Для исследования нами были выбраны три алгоритма сортировки, которые реализовывались как функции на языке Си. Далее над этими функциями производилась авторская алгоритмическая и низкоуровневая битовая оптимизация. В функции был введён макрос XCNTUP () который введёт подсчёт, сколько было сделано перестановок при работе алгоритма.

С данными алгоритмами был проведён сравнительный тест на эффективность из 40000 наборов данных по 4096 случайных элементов каждый. Все эксперименты проводились в одинаковых условиях, на одной рабочей станции. В ходе эксперимента использовался компилятор: gcc (x86_64-posix-seh-rev0, Built by MinGW-W64 project) 8.1.0 Copyright (C) 2018 Free Software Foundation, Inc и машина с ЦП Intel(R) Core(TM) i7-6700K 4.00GHz с ОЗУ 8,00 Гб. Все представленные алгоритмы сортировали массивы int (32 bit), при тестах ограничивался только диапазон принимаемых значений. Сравнительная таблица представлена ниже. В таблице первый столбец - название алгоритма. Далее идут группы из нескольких столбцов, где каждая группа соответствует указанному в заголовке группы диапазону значений. В каждой группе в первом столбце указано время сортировки всех наборов в секундах. Далее идёт столбец с

числом перестановок на один набор (т.е. среднее число перестановок в массиве из 4096 элементов).

Таблица 1

Алгоритмы сортировки, их реализация и характеристики.

Название	Алгоритм	Вывод
comb	<pre>void sort_comb (int A[], int n){ uint s = n - 1; while (s > 1) { for (int i = 0; i + s < n; i++) { if (A[i] > A[i+s]) { int cc = A[i]; A[i] = A[i+s]; A[i+s] = cc; XCNTUP(); } } s = s*7 >> 3; // s /= 1.2473309; // floor(s*7/8) лучший коэфф. } // Досортируем простым методом sort_shaker(A, n); // сортировка пузырьком (шейкер) } } }</pre>	<p>Алгоритм сортировки расчёткой показывает отличные результаты при большом количестве повторяющихся элементов. Он эффективно оптимизируется компилятором и хорошо сочетается с кешированием данных. В отличие от других алгоритмов, сортировка расчёткой требует меньше перестановок при большом количестве повторяющихся элементов. Кроме того, этот алгоритм обеспечивает практически гарантированное время выполнения.</p>
quickstbl	<pre>void sort_quickstbl (int A[], int n){ while (n > 16) { int eq = 0, hi = 0; int B[n]; static int op, lo = 0; op = A[n>>1]; for (int i = 0; i < n; i++) { if (A[i] < op) lo++; else if (A[i] == op) eq++; else hi++; } eq += lo, hi += eq; for (int i = n - 1; i >= 0; i--) { if (A[i] < op) B[--lo] = A[i]; else if (A[i] == op) B[--eq] = A[i]; else B[--hi] = A[i]; } for (int i = 0; i < n; i++) A[i] = B[i]; n -= hi; if (eq < n) { sort_quick(A, eq); A = &A[hi]; } else { sort_quick(&A[hi], n); n = eq; } } sort_insert(A, n); } }</pre>	<p>Представлен устойчивый вариант быстрой сортировки с разбиением на три диапазона. Также алгоритм является устойчивым. Прекрасно работает при большом количестве повторяющихся элементов. Также не зависит от входных данных.</p>
cycle2way	<pre>void sort_cycle2way (int in[], int n){ if (n & (n - 1)) { sort_shell(in, n); return; } int *A=in, *B1, *B2, *buf = malloc(sizeof(int)*n); int n1 = n >> 1; for (int s = 1; s < n; s <=<= 1) { int i, i1, i2, k; B1 = A; B2 = &A[n1]; A = (A == in) ? buf : in; i1 = i2 = 0; for (i = 0, k = 0; i < n; i++) { // Слияние с переходом «скачком» if (i1 == s && i2 == s) k += s, i1 = 0, i2 = 0; if (i1 == s) A[i] = B2[k+i2++]; else if (i2 == s B1[k+i1] <</pre>	<p>Алгоритм циклического двухпутевого слияния отлично справляется с большим количеством повторяющихся элементов. Он эффективно оптимизируется компилятором и хорошо сочетается с кешированием данных. Как преимущество, этот алгоритм обеспечивает гарантированную скорость работы, которая не зависит от входных данных. Единственным недостатком является необходимость использования памяти, равной размеру сортируемого массива, а также то, что длина сортируемого массива</p>

	<pre> B2[k+i2]) A[i] = B1[k+i1++]; else A[i] = B2[k+i2++]; } } if (A == buf) for (int i = 0; i < n; i++) in[i] = buf[i]; free(buf); } #define MAXVAL 16 </pre>	должна быть степенью числа два.
--	--	---------------------------------

Таблица 2

Сравнительная таблица.

Название	32 bit		16 bit		4 bit	
	t,c	перестановки	t,c	перестановки	t,c	перестановки
comb	27.3	21464	24.4	21218	18.3	5736
quickstbl	18.8	-----	19.6	-----	6.5	-----
cycle2way	16.8	-----	15.6	-----	11.4	-----

В некоторых столбах стоят прочерки, потому что в этих алгоритмах используется не перестановка в исходном массиве данных, а заполняется новый массив отсортированными данными из предыдущего.

По полученным результатам предоставленных в таблицы можно сделать вывод, что алгоритмы с наименьшими значениями времени выполнения и количества перестановок являются более эффективными и предпочтительными для применения.

Таким образом, оптимизация алгоритмов сортировки данных является важным и неотъемлемым шагом при разработке программ, особенно при работе с большими объемами данных. Создание оптимизированных алгоритмов сортировки позволяет улучшить производительность программы, ускорить процесс сортировки и снизить использование системных ресурсов. В будущем, разработчикам стоит обращать внимание на оптимизацию алгоритмов сортировки данных для достижения наилучшей производительности и эффективности своих программ.

1. Дональд Э. К. Искусство программирования, том 1. Основные алгоритмы 3-е издание / Э. К. Дональд – Москва : Вильямс, 2001. – 27-36 с.
2. Библиофонд : сайт. – URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=792046> (дата обращения: 28.06.2024)
3. Дональд Э. К. Искусство программирования, том 3. Сортировка и поиск 2-е издание / Э. К. Дональд. – Москва : Вильямс, 2001. – 12-16 с.

Bukhtueva I.

Intellectual property implications of GenAI-generated content in B2B contexts

Lomonosov Moscow State University
(Russia, Moscow)

doi: 10.18411/trnio-08-2024-320

Abstract

This article explores the significant impact of generative AI (GenAI) on intellectual property (IP) in the B2B sector. GenAI technologies, such as GPT-4, enable automated content creation, leading to enhanced efficiency and reduced costs for businesses. However, these advancements pose complex legal challenges, particularly in areas of authorship, copyright ownership, and potential infringement risks. The article delves into the inadequacies of current IP laws, which were originally designed for human-created content, in addressing these new challenges. It highlights the necessity for a thorough legal analysis to ensure that IP rights are adequately protected in the evolving landscape of AI-generated content.

Keywords: generative AI, intellectual property, B2B, copyright, authorship, legal challenges, AI-generated content.

Аннотация

В данной статье исследуется значительное влияние генеративного искусственного интеллекта (ИИ) (GenAI) на интеллектуальную собственность (ИС) в секторе B2B. Технологии GenAI, такие как GPT-4, позволяют автоматизировать создание контента, что приводит к повышению эффективности и снижению затрат для бизнеса. Однако эти достижения ставят сложные правовые задачи, особенно в области авторства, прав собственности на авторские произведения и потенциальных рисков нарушения авторских прав. В статье рассматриваются недостатки текущих законов об интеллектуальной собственности, которые изначально были разработаны для контента, созданного человеком, в решении этих новых задач. Она подчеркивает необходимость тщательного юридического анализа для обеспечения адекватной защиты прав интеллектуальной собственности в условиях эволюционирующего ландшафта контента, созданного ИИ.

Ключевые слова: Generative AI, интеллектуальная собственность, B2B, авторское право, авторство, правовые вызовы, контент, созданный ИИ.

Introduction

The advancement of AI technologies is significantly transforming various business sectors, including content creation. Generative AI models (GenAI), such as GPT-4 and similar systems, are capable of generating text, images, music, and other informational products, thereby opening new opportunities for companies in the B2B sector. These technologies enable the automation of content processes, reduction of costs, and acceleration of new product and service creation. However, alongside these benefits, new legal challenges arise, particularly in the field of intellectual property (IP).

Ensuring the protection and commercialization of innovations is a crucial aspect of business, emphasizing the importance of IP. In the context of using GenAI for content creation, numerous questions emerge: who holds the rights to AI-generated content, how is the use and licensing of such works regulated, what risks are associated with copyright infringement, and what are the legal consequences for companies utilizing these technologies.

The legal status of content created by GenAI remains not fully defined. Existing IP laws were developed in an era when content creators were exclusively human, and now they face challenges in adapting to new technologies. This necessitates the analysis and revision of legal norms to ensure adequate IP protection and fair distribution of rights in the context of GenAI models. The aim of this article is to conduct a legal analysis of the impact of GenAI-generated content on IP in the B2B context.

Main part. Theoretical aspects of IP in the B2B context

The concept of «intellectual property» (IP) encompasses a variety of rights that protect the results of intellectual activity [1]. In the B2B (business-to-business) sector, IP plays a crucial role in creating competitive advantages, protecting innovations, and commercializing new technologies and products.

The main types of IP include copyright, patents, and trademarks. Copyright protects original works of literature, art, and science, granting authors exclusive rights to use and distribute their creations. Patents provide inventors with exclusive rights to use and commercialize technical solutions and innovations. Trademarks protect brands and trade names, distinguishing one producer's goods and services from those of others.

In the B2B sector, the protection of IP is of particular importance due to the need to secure innovative solutions and technologies developed by companies. Organizations actively invest in research and development, creating new products and services that require robust legal protection. This enables them not only to maintain competitive advantages but also to effectively commercialize their developments through licensing, franchising, and other forms of rights transfer [2].

The legal framework for IP protection varies by jurisdiction; however, international agreements and conventions, such as the Berne Convention for the Protection of Literary and Artistic Works and the Universal Copyright Convention, ensure the harmonization of national laws and international

recognition of IP rights. It is important to note that despite the presence of international agreements, national laws may differ slightly in the details of registration procedures and protection mechanisms. In the U.S., for example, the doctrine of fair use allows for the limited use of copyrighted material without obtaining permission from the rights holders. This principle is a significant aspect of American IP law. Additionally, the Copyright Law of the United States includes fundamental criteria for copyright, such as originality, creativity, and fixation in a tangible medium. The Digital Millennium Copyright Act (DMCA) also regulates the use of IP in the context of digital technologies, including protection against digital piracy and illegal copying on the Internet [3].

For companies in the B2B sector, managing IP requires a strategic approach that includes monitoring, assessing, and protecting their assets. This involves developing policies and procedures for the protection of IP at the organizational level, monitoring potential infringements, and taking legal actions to safeguard their interests. Effective IP management also entails assessing risks associated with third-party rights infringements and developing strategies to mitigate these risks.

GenAI and its role in B2B content creation

GenAI models utilize complex machine learning algorithms and large datasets to produce content that can be difficult to distinguish from human-created works. They are capable of generating texts of various styles and complexities, including articles, reports, marketing materials, and technical documentation. These technologies have found broad applications across various industries, including marketing, journalism, education, and the legal field [4].

In the B2B sector, the use of GenAI allows companies to quickly and efficiently create high-quality content necessary for maintaining business operations (table 1).

Table 1

Overview of GenAI models [5, 6]

<i>Model</i>	<i>Description</i>	<i>Examples of use</i>
<i>GPT-4 (OpenAI)</i>	<i>Trained on vast amounts of information to generate coherent text.</i>	<i>Writing articles, marketing materials, automating dialogues.</i>
<i>DALL-E (OpenAI)</i>	<i>Generates images based on textual descriptions.</i>	<i>Creating illustrations, advertising materials, design concepts.</i>
<i>BERT (Google)</i>	<i>Processes natural language intended for understanding text context.</i>	<i>Text analysis, improving search, automating data processing.</i>
<i>MidJourney</i>	<i>Generates high-quality artistic images based on textual descriptions.</i>	<i>Design, creating unique content, visual effects.</i>
<i>StyleGAN (NVIDIA)</i>	<i>Creates high-quality images.</i>	<i>Photorealistic images, animation, virtual avatars.</i>

From the author's perspective, the use of GenAI models in the B2B sector opens up vast opportunities for enhancing efficiency and reducing costs associated with content creation. These technologies not only accelerate the processes of generating text and images but also ensure high quality of the produced material. This is evidenced by the experiences of companies such as Boston Consulting Group and Accenture, which actively integrate GenAI into their business processes.

Boston Consulting Group (BCG) is one of the leading global consulting firms specializing in strategic consulting and management. BCG uses GenAI technologies to automate the creation of reports and analytical materials. This allows them to reduce the time spent preparing documents and improve the quality of data analysis provided to clients.

In the financial sector, BCG uses GenAI for processing and analyzing accounting data, enabling the detection of anomalies and providing recommendations for optimizing expenses and improving financial performance. In the marketing domain, these technologies help create high-quality and targeted advertising materials, which contribute to expanding the client base and increasing engagement levels. In 2022, BCG achieved a revenue of \$11,7 billion, and in 2023, the revenue grew to \$12,3 billion [7]. BCG's experience demonstrates that the use of GenAI models helps the company quickly adapt to changing market demands and provide clients with up-to-date information and recommendations.

Accenture actively applies GenAI models for developing marketing strategies and creating personalized advertising campaigns. As a result of using GenAI, Accenture has significantly increased

the efficiency of its marketing efforts, leading to higher client engagement and improved sales performance (fig. 1).

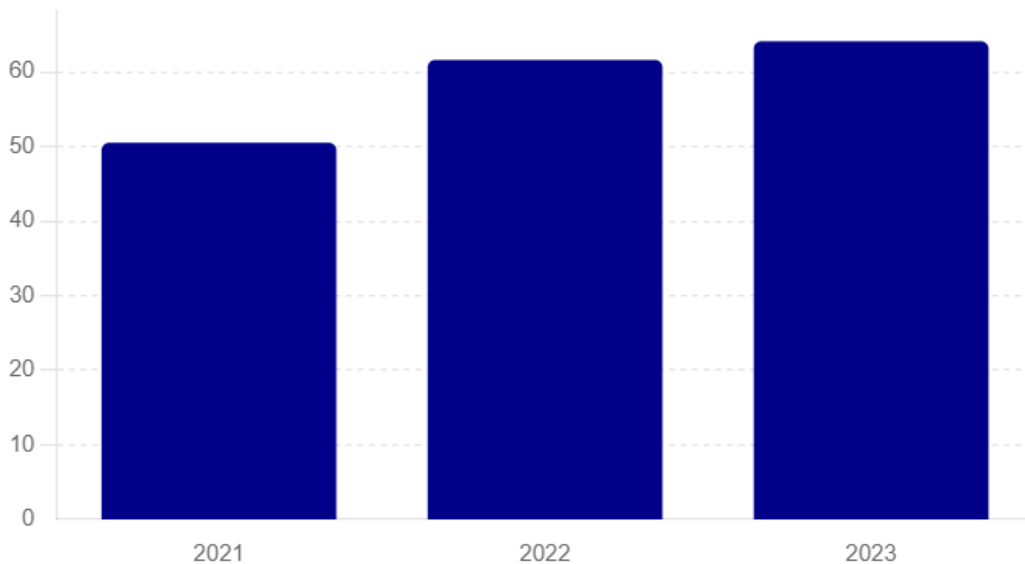


Figure 1. Accenture's revenue, billion USD [8]

The company managed to create more targeted and relevant advertising materials, which positively impacted their business results. Examples from leading consulting firms such as BCG and Accenture demonstrate that GenAI models are powerful tools for enhancing business processes and achieving competitive advantages. The implementation of these technologies requires a careful approach to managing IP and adhering to legal and ethical standards, ultimately ensuring the successful and safe use of GenAI in the B2B sector.

Legal issues and challenges

Technologies such as AI, and particularly GenAI models, which create content comparable in quality to that produced by human authors, raise numerous legal and ethical questions, especially in the field of IP.

Authorship and attribution: traditional copyright laws assume that the author of a work is a human. However, with AI-generated content, the question arises as to who is the author – the AI developer, the owner of the AI system, or the AI itself. This creates legal uncertainty, as existing legislation does not provide mechanisms for recognizing authorship by machines [9].

Criteria for authorship: U.S. copyright law, like international legislation, stipulates that to qualify for copyright protection, a work must be original and involve a minimum level of creative effort. These criteria are challenging to evaluate in works created by GenAI, as they may be based on existing data and may not represent unique expressions of ideas [10]. This also raises questions about how to distinguish human-created works from those created by AI, and what legal mechanisms should be used to protect them.

Intellectual property rights: Since AI cannot hold rights, questions about who owns the rights to the created content remain open. Developers and owners of AI may claim copyright, but this requires legislative clarification. For example, in the U.S., copyright law currently does not recognize AI-created works as eligible for protection.

Ethical use of AI: in 2023, several major American newspapers filed a lawsuit against OpenAI and Microsoft, alleging that their articles were used to train neural networks without proper authorization. The plaintiffs argue that such actions violate copyright and threaten journalistic activities. Using texts for training AI models without permission raises serious ethical questions about the fairness and legality of such practices. This dispute underscores the need for clear regulation and legal protection of copyrighted materials in the era of rapid AI technology development.

Data protection and privacy: AI, especially generative models, can use vast amounts of data for training, raising concerns about the protection of personal data and privacy. For instance, processing and analyzing personal data without proper safeguards can lead to information leaks.

These issues require a review of existing legislation and the development of new legal norms that consider the specific aspects of using AI in content creation. It is also important to develop ethical guidelines and standards to help regulate the use of AI and protect the interests of all stakeholders.

The first law on AI in the world was the European Union's Artificial Intelligence Act, adopted in 2024. It establishes rules and standards for the development, use, and implementation of AI within the EU. The regulation includes provisions aimed at ensuring safety, transparency, and accountability in the use of AI, as well as protecting citizens' rights and data.

In the U.S., an executive order was signed in 2023 to regulate and promote AI technologies. It requires AI system developers to provide test results and other critical information to the U.S. government. The National Institute of Standards and Technology (NIST) is developing standards for testing the safety of AI systems before their public release. The order emphasizes the importance of developing and using privacy-preserving technologies and includes measures to prevent discrimination and bias in AI use.

Each GenAI model, including GenAI, comes with user agreements that detail the terms of use and IP issues. These documents typically define the rights and responsibilities of users, as well as the conditions for licensing and using AI-generated content. For instance, according to OpenAI's user agreement, the rights to materials created using ChatGPT belong to the users. This means that individuals can use, reproduce, publish, and distribute the created content at their discretion. However, the agreement also stipulates that the materials may be repeated or similar to other works, as the models are trained on a broad dataset. Users must take this into account when using generated content and check it for uniqueness and copyright compliance.

Thus, the use of GenAI models in the B2B sector requires a careful approach to legal and ethical issues. Companies must not only comply with legislative requirements and international standards but also develop internal policies and procedures to ensure the responsible and lawful use of these technologies.

Risk management and IP protection strategy

The use of GenAI for content creation offers significant advantages, such as process automation and increased efficiency. However, these technologies also come with risks related to IP. Companies employing GenAI must consider and manage these risks to protect their rights and minimize potential legal and financial consequences.

Implementing risk management strategies and IP protection involves developing procedures to verify the uniqueness of generated content, assessing potential third-party rights infringements, and ensuring compliance with legal standards. This allows companies to effectively leverage the benefits of GenAI while minimizing IP-related risks (table 2).

Table 2

Risk management and IP protection strategies when using GenAI.

<i>Risk category</i>	<i>Description of risk</i>	<i>Management strategy</i>
<i>Legal status of content</i>	<i>Uncertainty regarding copyright of content created by GenAI.</i>	<i>Conduct legal assessments to determine the legal status and develop internal policies.</i>
<i>Copyright infringement</i>	<i>Possible use of copyrighted materials in training GenAI models.</i>	<i>Verify data sources for training and enter into agreements with rights holders.</i>
<i>Ethical issues</i>	<i>Creation of content that may violate ethical norms or be used inappropriately.</i>	<i>Develop a code of ethics and monitor adherence to ethical standards in the creation and use of content.</i>
<i>Data privacy</i>	<i>Use and storage of personal data without adequate protection.</i>	<i>Implement data protection technologies and comply with privacy regulations.</i>
<i>Licensing and use</i>	<i>Non-compliance with the terms of use for GenAI-created content.</i>	<i>Develop and enforce clear licensing and usage terms for the content.</i>

<i>Content uniqueness assessment</i>	<i>Risks related to duplication or similarity with existing content.</i>	<i>Use tools to check for uniqueness and analyze content before publication.</i>
<i>Reputational risks</i>	<i>Potential damage to the company's reputation due to improper use of GenAI.</i>	<i>Actively manage reputation and conduct PR campaigns to raise awareness of lawful use of technologies.</i>

Effective risk management and IP protection when using GenAI models require a comprehensive approach, including legal, ethical, and technological components. Companies should develop internal policies and procedures aimed at ensuring compliance and minimizing risks associated with the use of GenAI.

Conclusions

The increasing use of GenAI in content creation within the B2B sector introduces numerous legal challenges and implications for IP rights. While GenAI offers substantial benefits such as efficiency gains and cost reductions, it also raises critical questions about authorship, copyright ownership, and the potential for infringement. Traditional IP laws, which assume human authorship, struggle to adapt to the complexities introduced by AI-generated content. This necessitates a thorough legal analysis and potentially significant revisions to existing IP frameworks to ensure they adequately address the unique characteristics of AI-generated works. Moreover, companies leveraging GenAI must implement robust risk management strategies to navigate the legal uncertainties and protect their IP assets effectively. This includes developing policies for the ethical use of AI, ensuring compliance with data privacy regulations, and conducting thorough assessments to prevent copyright infringement and maintain content originality. As the legal landscape evolves, continuous monitoring and adaptation will be essential for businesses to harness the advantages of GenAI while mitigating associated legal risks.

1. Archibong, E. E., et al. The Intersection of AI Technology and Intellectual Property Adjudication in Supply Chain Management //AI and Machine Learning Impacts in Intelligent Supply Chain. – IGI Global, 2024. C. 39-56.
2. Sahoo, S., et al. Artificial intelligence capabilities, open innovation, and business performance–Empirical insights from multinational B2B companies //Industrial Marketing Management. 2024. T. 117. C. 28-41.
3. Hung, A. Assessing the Potential Involuntary Effects of New Copyright Laws: A Techno-Legal Analysis Based on the Impact of Web 3.0 on Copyright Protection //Seattle J. Tech. Env't & Innovation L. 2024. T. 14. C. 1.
4. Kostoreva, A.S. The issue of intellectual property rights in the advertising industry on the side of platforms and providers // International Journal of Applied Science and Technology "Integral" №1/2024
5. Glotzbach, R. Generative AI: An Overview // Society for Information Technology & Teacher Education International Conference. – Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2024. C. 754-756.
6. Mozharovskii, E. EVALUATING RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION (RAG) TECHNIQUES IN ENHANCING LMS FOR CODING TASKS // Universum: tekhnicheskie nauki : elektron. nauchn. zhurn. 2024. 6(123). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17729> (date of application: 14.07.2024)
7. Generative AI in the Finance Function of the Future / BCG // URL: <https://www.bcg.com/publications/2023/generative-ai-in-finance-and-accounting> (date of application: 10.07.2024)
8. Accenture's Fourth Quarter Fiscal 2023 Earnings Press Release / Accenture // URL: <https://investor.accenture.com/filings-and-reports/earnings-reports/2023> (date of application: 13.07.2024)
9. Dermawan, A. Artificial Intelligence, Copyright and the Public Interest //Journal of Intellectual Property Law and Practice. 2024. T. 19. №. 1. C. 10.1093.
10. Feuerriegel, S., et al. Generative ai //Business & Information Systems Engineering. 2024. T. 66. №. 1. C. 111-126.

РАЗДЕЛ XXIX. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**Боднарук М.Р., Боднарук Т.Р.****Искусственный интеллект как инструмент обеспечения информационной безопасности облачных решений***Уральский государственный экономический университет
(Россия, Екатеринбург)**doi: 10.18411/trnio-08-2024-321***Аннотация**

Облачные сервисы кардинально изменили подход предприятий к работе и управлению ИТ-инфраструктурой. Однако стремительный и непрерывный рост числа кибератак создаёт серьёзные проблемы для поддержания их безопасности и надёжности. В данной статье рассматривается роль искусственного интеллекта в повышении безопасности облачных решений.

Ключевые слова: искусственный интеллект, облако, облачные решения, информация, информационная безопасность, кибератаки.

Abstract

Cloud services have radically transformed how enterprises operate and manage their IT infrastructure. However, the rapid and continuous increase in the number of cyberattacks presents serious challenges to maintaining their security and reliability. This article examines the role of artificial intelligence in enhancing the security of cloud solutions.

Keywords: artificial intelligence, cloud, cloud solutions, information, information security, cyberattacks.

В последние годы облачные сервисы стали перспективным направлением в развитии цифровых технологий и важнейшим компонентом современной ИТ-инфраструктуры, предоставляя компаниям обширный спектр возможностей для хранения данных и их обмена, удалённого доступа к вычислительным ресурсам и приложениям, а также подключения к онлайн-офисам посредством интернет-соединения. Они охватывают различные сферы деятельности, тем самым позволяя совершенствовать бизнес-процессы, улучшать их эффективность, повышать уровень безопасности данных, снижать затраты на аппаратное или программное обеспечение и способствовать инновационному развитию бизнеса. Согласно результатам исследования, проведённого международной консалтинговой компанией International Data Corporation (сокр. IDC), мировой рынок облачных решений в 2023 году составил 669 млрд долларов, показав рост на 20% по сравнению с предыдущим годом, а в 2024 году рынок, по их же прогнозу, превысит 800 млрд долларов, что на 21% больше к 2023 году [7]. Российский рынок, по оценкам ИКС-Консалтинг, также демонстрирует ежегодный рост. Так, по итогам 2023 года его объём увеличился на 34% и достиг отметки в 121 млрд рублей (1,34 млрд долларов при курсе 90 рублей за 1 доллар), но в 2024 году, по мнению экспертов, вырастет не менее чем на 30% [3]. Растущий спрос на облачные решения прежде всего обусловлен повышением уровня цифровизации, увеличением объёмов информации и данных, обеспечением их безопасности, что формирует доверие к облачным услугам со стороны пользователей и активным внедрением искусственного интеллекта, а в России, кроме перечисленного, связан с уходом иностранных игроков, что вынудило компании перестраивать свою ИТ-инфраструктуру и локализовывать данные на мощностях отечественных провайдеров.

В настоящее время безопасность облака достигается благодаря комплексу мер и комбинированию технологий, направленных на защиту облачной среды:

1. двухфакторная аутентификация, которая позволяет предотвратить нелегальный доступ к данным путём верификации пользователя с помощью сгенерированного дополнительного кода;
2. шифрование данных, преобразующее их в нечитаемый вид как в процессе транзита (передачи), так и при хранении на сервере, то есть злоумышленники не смогут их прочитать или воспользоваться ими, даже если получат к ним доступ;
3. резервное копирование, позволяющее в случае вирусной угрозы восстановить информацию;
4. управление доступом к облачным системам на основе ролей (Role Based Access Control, сокр. RBAC), которое обеспечивает контроль доступа пользователей к данным и ресурсам за счёт чёткого определения их прав и обязанностей;
5. использование виртуальных частных сетей (Virtual Private Network, сокр. VPN), межсетевых экранов (Fire-walls), систем обнаружения (Intrusion Detection System, сокр. IDS) или же предотвращения (Intrusion Prevention System, сокр. IPS) вторжений и хакерских атак для защиты данных в облаке и другие методы [4].

Безусловно, облачные сервисы зарекомендовали себя как надёжное хранилище данных и инструмент для реализации современных технологических решений, но их применение по-прежнему сопряжено с определёнными рисками, связанными с информационной безопасностью, поскольку заинтересованные в несанкционированном доступе к конфиденциальным данным лица находят всё более изощрённые способы атаки. К примеру, компания *Cognyte* – мировой лидер, специализирующийся на разработке программного обеспечения для проведения аналитики кибербезопасности, в мае 2021 года совершила роковую оплошность, когда оставила облачную базу данных открытой, не требуя аутентификации. Эта ошибка привела к раскрытию персональных данных более 5 миллиардов пользователей и разглашению сведений о потенциальных уязвимостях в клиентских системах, которые представляют ценность для киберпреступников. Опубликованная информация, включая данные из базы знаний *Cognyte* о киберугрозах, были проиндексированы поисковыми системами и компании потребовалось затратить 4 дня, чтобы удалить их из публичного доступа и обеспечить безопасность [6].

С июня 2022 года по июнь 2023 года корпорация *International Business Machines* (сокр. *IBM*) выявила и зарегистрировала 632 новых уязвимости, связанные с облаком, что на 194% больше, чем было зафиксировано годом ранее [5]. Наиболее распространёнными угрозами в облачных сервисах являются:

- DDoS-атаки (*Distributed Denial of Service*; «отказ в обслуживании»), при которых хакеры отправляют значительное число запросов на облачный сервер с целью его перегрузки или же вывода из строя, из-за чего он становится недоступным для легитимных пользователей;
- фишинговые атаки и социальная инженерия, когда при помощи манипуляции злоумышленники получают личную информацию пользователей, используемую впоследствии для несанкционированного доступа к облачным ресурсам. Например, отправляют электронные письма от «провайдеров» с просьбой обновить пароль по ссылке, ведущей на фальшивый веб-сайт;
- конфигурационные атаки (*Misconfiguration Attacks*), которые открывают доступ к конфиденциальным данным из-за неверной настройки облачных служб либо несоответствующей политики и другие способы [1].

Приведённый выше случай, наряду с сопутствующей статистикой, подчёркивает, что проблема информационной безопасности в облачных решениях остаётся крайне актуальной и, несмотря на усилия провайдеров, количество атак продолжит расти, поэтому требуются новые подходы для обеспечения безопасности данных.

Интеграция искусственного интеллекта в облачные сервисы является перспективным инструментом в достижении их кибербезопасности, поскольку позволит анализировать огромные объёмы данных, выявлять закономерности и уязвимости, которые могут ускользнуть от внимания человека, принимать решения в онлайн-режиме, осуществлять непрерывный мониторинг действий, происходящих в облаке, а также прогнозировать либо предупреждать службы безопасности о потенциальных угрозах. Алгоритмы искусственного интеллекта, обученные на примерах реальных инцидентов, могут адаптироваться к новым атакам, повышая свою эффективность со временем, и блокировать попытки нелегального доступа или компрометации пользовательских данных.

Применение искусственного интеллекта с целью повышения облачной безопасности открывает новые возможности, которые гарантируют бизнесу защиту конфиденциальной информации. Так, одним из способов защиты аккаунтов в облаке является автоматическое реагирование на угрозы. Анализируя трафик в режиме реального времени, система может предотвратить перегрузку или же отказ в обслуживании вследствие оперативной блокировки аномальных запросов либо вредоносного трафика. Подобное решение, в дополнении к главному преимуществу, также освобождает ИТ-команды от ручного вмешательства, экономя время и сокращая нагрузку на специалистов, что позволяет им сосредоточиться на стратегических задачах, а не тратить ресурсы на мониторинг и реагирование на каждый вероятный инцидент. Другим вариантом может стать контроль доступа посредством проверки личности и устройств, с которых предпринимается попытка входа в учётную запись. Искусственный интеллект, изучая поведение пользователей и модели использования аккаунта, может определять аномалии, указывающие на несанкционированный доступ, следы взлома или запрос секретных данных, выходящий за рамки обычных возможностей, и временно блокировать доступ до тех пор, пока личность пользователя не будет подтверждена, или же инициировать дополнительные проверки безопасности. И, наконец, он может идентифицировать уязвимости нулевого дня, которые ранее не обнаруживались и для предотвращения которых пока не существует защитных мер [2].

Потенциал искусственного интеллекта в обеспечении безопасности облачных решений постоянно расширяется, и можно ожидать, что вскоре будут разработаны и внедрены новые, ещё более результативные методы защиты от разнообразных угроз. Однако эта технология не лишена сложностей: для обучения моделей необходимы качественные входные данные, так как искажённое обучение может привести к пропуску атак, а также неправильным решениям. Кроме того, часто меняющийся характер угроз требует планомерной перенастройки моделей и регулярного обновления. Хотя искусственный интеллект сопряжён с рядом вызовов и трудностей, его применение обладает огромной силой для защиты облачных сервисов.

Таким образом, искусственный интеллект в обеспечении информационной безопасности облачных сервисов является необходимым шагом для адаптации к современным кибератакам. Дальнейшее развитие и совершенствование методов его использования будут играть ключевую роль в защите данных и поддержании стабильности облачных сервисов, надёжной инфраструктуры для хранения и обработки данных в будущем.

1. Gonaygunta, Hari. The Detection and Prevention of Cloud Computing Attacks Using Artificial Intelligence Technologies / H. Gonaygunta, G. S. Nadella, K. Meduri, P. P. Pawar, D. Kumar // International Journal of Multidisciplinary Research and Publications. – 2024. – Volume 6. – p. 191-193. – ISSN 2581-6187.
2. Vashishth, Tarun Kumar. Enhancing Cloud Security: The Role of Artificial Intelligence and Machine Learning / T. K. Vashishth, Mr. V. Sharma, K. K. Sharma, B. Kumar, R. Panwar, S. Chaudhary // Improving Security, Privacy, and Trust in Cloud Computing. – 2024. – Chapter 4. – p. 85-112. – ISBN 979-8-3693-1431-9.
3. Российский облачный рынок продолжит расти и трансформироваться // ComNews. URL: <https://clck.ru/3BH26K>.
4. How can enterprises protect their data in cloud environments? // Appinventiv. URL: <https://appinventiv.com/blog/enterprise-cloud-data-protection/>.
5. IBM X-Force Cloud Threat Landscape Report 2023 // IBM. URL: <https://clck.ru/3BHpuX>.
6. Top 10 Cloud Attacks and What You Can Do About Them // The Cloud Native Wiki. URL: <https://clck.ru/3BHsds>.
7. Worldwide Public Cloud Services Revenues Grew 19.9% Year Over Year in 2023 // IDC. URL: <https://clck.ru/3BGxJU>.

Брылев А. А.

Использование компьютерной симуляции для оценки рисков ошибок планирования и принятия решений при работе с масштабными проектами

*Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-322

Аннотация

В данной статье приведена попытка оценки важности использования компьютерной симуляции при управлении сложными системами. Проанализирована возможность сокращения рисков ошибок в случае применения комплексного подхода, основанного на стратегическом мышлении и компьютерной симуляции. Сформулирован принцип целенаправленного применения игр-симуляций как важного способа подготовки к работе с масштабными проектами.

Ключевые слова: компьютерная симуляция, многокомпонентная система, комплексный подход, риски ошибок, ситуативное поведение, кризисная ситуация, человеческое восприятие.

Abstract

The article is an attempt to analyze the importance of using computer simulation in managing complex systems. The possibility of reducing the risks of errors in the case of an integrated approach based on strategic thinking and computer simulation is analyzed. The principle of targeted application of simulation games as an important way of preparing for work with large-scale projects is formulated.

Keywords: computer simulation, multicomponent system, integrated approach, error risks, situational behavior, crisis situation, human perception.

Специалисты различных отраслей промышленности постоянно оперируют таким термином, как «риск». Риск – одна из характеристик ситуации, имеющей неопределённость исхода, при обязательном наличии неблагоприятных последствий. Риск, в узком смысле, – количественная оценка опасностей, определяемая как частота одного события при наступлении другого.

В соответствии с современными взглядами риск обычно интерпретируется как вероятностная мера возникновения техногенных или природных явлений, сопровождающихся возникновением, формированием и действием опасностей и нанесенного при этом социального, экономического, экологического и других видов ущерба и вреда. Таким образом, под риском понимают ожидаемую частоту или вероятность возникновения опасностей определенного класса, или же размер возможного ущерба (потерь, вреда) от нежелательного события, или же некоторую комбинацию этих величин.

Применение понятия «риск» позволяет переводить опасность в разряд измеряемых категорий. Риск, фактически, и есть мера опасности. Часто используют понятие «степень риска», по сути, не отличающееся от понятия «риск», но лишь подчеркивающее, что речь идет об измеряемой величине. Все подобные интерпретации термина «риск» используются при анализе опасностей и управлении безопасностью технологических процессов и производств в целом.

Формирование опасных и чрезвычайных ситуаций – результат определенной совокупности факторов риска, порождаемых соответствующими источниками. Самые значимые в современном мире риски – это риски ошибок при проектировании и реализации масштабных проектов, способных тем или иным способом повлиять на экономику стран и целых континентов, их промышленную и экологическую безопасность. Это риски, способные привести к техногенным катастрофам поистине мирового масштаба (например, абсолютному

большинству людей на планете не нужно объяснять, что связано с такими понятиями, как «Чернобыль» и «Фукусима»).

Это также риски, повлекшие за собой аварии в различных отраслях промышленности и приведшие, в свою очередь, к катастрофическим последствиям в регионах, в которых эти аварии произошли. Например, авария на нефтедобывающей платформе Deepwater Horizon 20 апреля 2010 года привела к взрыву и экологической катастрофе в Мексиканском заливе. Случается подобное и в России, например экологическая катастрофа 29 мая 2020 года, произошедшая при разгерметизации резервуара с дизельным топливом на ТЭЦ-3 в Кайеркане (район Норильска), в результате возникла чрезвычайная ситуация федерального масштаба – одна из крупнейших в истории утечек нефтепродуктов в арктической зоне, создавшая угрозу для экосистемы Северного Ледовитого океана.

Одной из работ, в которой сделана попытка анализа причин возникновения и развития рисков ошибок при проектировании и реализации масштабных проектов, является работа Дитриха Дёрнера «Логика неудачи» [1], которая представляет собой рассуждения о стратегическом мышлении, его применении к сложным ситуациям, о нашей человеческой недалёковидности, а также о когнитивных ошибках. Впервые в России работа была опубликована в 1997 году и остаётся популярной до сих пор.

В своем труде автор попытался ответить на актуальные вопросы, возникающие в процессе управления большими и сложными системами, а также указать на риски ошибок при проведении масштабных проектов и предложить свои методы для избежания провалов при планировании и принятии решений.

При этом Д. Дёрнер утверждает, что ошибки важны. Он считает промахи важной стадией осознания своих ошибок при работе с «настоящими» комплексными многокомпонентными системами, что всегда трудновыполнимо. Ошибки выявляются лишь через длительное время после совершения, и, возможно, мы вообще не свяжем их с последствиями собственных действий.

Специалисты, принимающие ответственные решения, по мнению Д. Дёрнера, должны научиться мыслить системно, должны понять, что в сложных системах нельзя сделать что то одно без связи и влияния на другое, и без осознания того, что им всё равно придется выполнять несколько вещей или действий одновременно. Они должны научиться работать с последствиями своих действий и понимать, что эффект от их действий может проявиться там, где на его появление вообще не рассчитывали. Автор задается вопросом, как же всему этому научиться.

Сделать это в «настоящей» реальности, считает Д. Дёрнер не получится, в связи с тем, что ошибки, которые в ней совершаются, проявляются слишком поздно, так что их уже невозможно использовать для реорганизации собственных действий. Мы просто не увидим последствий своих действий в «настоящей» реальности, так как время в «настоящей» реальности идет медленно, установить характеристики его течения сложно, а при восприятии текущей ситуации все позабудут о ее положении в ходе общего процесса.

Решение автор видит в организации игр симуляций. Время в компьютерной симуляции течет быстро, летит. При работе с такой системой становятся видимыми тривиальные ошибки, которые обычно совершаются, быстро визуализируя ближайшие и отдаленные последствия планирования и принятия решений, тем самым испытуемые приобретают восприимчивость к реальности.

Система сокращения времени в компьютерной симуляции в этом помогает. Она показывает влияние и взаимосвязь обстоятельств, повышает человеческую восприимчивость к таким ошибкам и делает людей, отвечающих за принятие решений, осторожнее, вдумчивее, а зачастую, смелее.

Кризисные ситуации в «настоящей» реальности редки. Но когда они случаются, мы к ним чаще всего оказываемся не готовы по причине того, что не бывает возможности к ним заранее приспособиться и на своих ошибках обучиться верно действовать в таких однократно

случающихся ситуациях. Ввести человека в кризисную ситуацию, обострить его восприимчивость к ее специфическим особенностям призваны игры симуляции.

Это не говорит об однозначном поощрении определенного «стиля мышления», скорее наоборот, Д. Дёрнер видит это как совокупность способностей, по сути, умение приспособить свое совершенно обычное мышление, имеющийся «здоровый человеческий разум» к обстоятельствам в каждой возникающей ситуации. Эти обстоятельства различны и отличаются по важности содержания, иногда важно одно, иногда другое. И ситуация определяется именно обстоятельствами.

Но работе с различными ситуациями, с предъявлением различных требований к персоналу, можно научиться. Помещая людей то в одну, то в другую ситуацию, обсуждая образ их действий и допущенные ими ошибки, можно ускорить и улучшить их обучение, при том, что возможность сделать что либо подобное в «настоящей» реальности абсолютно отсутствует.

Конечно, «настоящая реальность» может и, скорее всего, будет отличаться от игры-симуляции. В то же время игра учит планировать, принимать решения, критически взглянуть на плюсы и минусы своих действий, на их последствия без причинения ущерба настоящей реальности. Люди, находясь в различных ситуациях, обучаются ситуативному поведению, реагируют на всевозможные требования, удивляются своим удачам или ошибкам, что является важной стадией осознания. Подобные обучающие процессы очень важны для современного специалиста в качестве оптимального способа подготовки к реальным ситуациям, в которых способность мыслить системно – основной принцип принятия решений.

Целенаправленное применение игры всегда было важным способом подготовки к реальным ситуациям, и именно в этом качестве ее следует применять. На сегодняшний день для этого существует значительно больше возможностей, и этим необходимо пользоваться.

1. Дёрнер Д. Логика неудачи. Москва: АСТ, 2023.

Брылев А. А.

Основы становления backend-разработчика

*Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-323

Аннотация

В данной статье проанализированы основные инструменты для получения навыков работы backend-разработчиком. Предложен план по их освоению. Выявлены основные проблемы и пути их преодоления.

Ключевые слова: Backend, протокол HTTP, языки программирования, веб-приложения, системы управления базами данных (СУБД), система контроля версий (Git).

Abstract

This article analyzes the main tools for gaining backend developer skills. The plan for their development is proposed. The main problems and ways of their overcoming are identified.

Keywords: Backend, HTTP protocol, programming languages, web applications, database management systems (DBMS), version control system (Git).

Вспомните сайты, которые вы посещаете: вы взаимодействуете с их интерфейсом, получаете информацию с полей для текста или изображений. Некоторые сайты являются многостраничными и по требованию пользователя способны перенаправлять его на другую страницу или динамически изменять свое содержание. За всю вышеперечисленную логику, и не только, отвечает та часть сайта, которую называют backend. Именно она взаимодействует с

данными клиента, а также данными из базы, способна обрабатывать их и возвращать ответ, а также, при необходимости, работать со сторонними сервисами.

Backend-разработчик занимается тем, что прописывает всю логику веб-проекта. Именно он ответственен за скорость работы сайта, его безопасность и функциональность. Эта профессия очень востребована на рынке, а ее популярность только растет. Однако она отличается огромным набором навыков, которые необходимо освоить для работы, даже чтобы стать начинающим разработчиком (Junior).

Для начала необходимо понимать, как работает интернет, разобрать протокол HTTP, его методы и заголовки, процесс взаимодействия с ними. Для начинающего разработчика достаточно знать о методах GET, POST, DELETE, PUT, UPDATE. Кроме того, плюсом будет ознакомление с протоколами DNS (Domain Name System), а также TCP/IP. После этого нужно будет уделить внимание роли браузера и сервера в контексте веб-приложения: какие функции возложены на каждый из них.

Далее необходимо определиться с языком программирования, так как для backend подходит широкое множество языков. Это может быть PHP, Java, Python, Go, C# и другие. Важно подробно разобрать возможности языка, включая принципы объектно-ориентированного программирования (ООП) и их реализацию. Большим плюсом при работе будет освоение фреймворка для языка. Фреймворк – это готовый набор библиотек, который значительно облегчает разработку, так как берет на себя часть функций. К примеру, для языка PHP – это фреймворк Laravel или Symfony, а для Java – это Spring. Использование фреймворка позволит новичку не думать о безопасности продукта в полной мере, так как большинство угроз обрабатываются при его работе (но, разумеется, о ней забывать нельзя).

Уже на этом этапе можно начинать создавать простейшие веб-приложения. Это могут быть, например, многостраничные сайты, сайты-визитки. Если вы внимательно изучили пункт про роль браузера и сервера, то знаете, что само приложение запускается и работает на сервере, в то время как браузер отправляет серверу запросы. Получается, что для того, чтобы начать практиковаться в написании веб-проектов, необходимо запустить собственный сервер. Для учебных целей нет нужды закупать дорогостоящее оборудование, вычислительной мощности рабочего компьютера или ноутбука будет достаточно. Такая машина будет называться локальной, а сервер будет работать на локальном хосте. Для того, чтобы из ПК сделать сервер, существуют готовые решения под различные операционные системы. В частности, под Windows можно использовать сервер Apache. Однако желательно разобрать работу и других, например, Nginx.

При реализации предыдущего пункта вы наверняка заметили, что получившиеся сайты не способны хранить данные пользователей, а также запрашивать их, изменять и удалять. Это связано с тем, что одних только возможностей языка недостаточно для этого. Однако эту задачу решает использование базы данных в нашем приложении. Простыми словами, база данных – место для хранения данных. Сюда входят и данные, полученные от клиента, от другого сервера, созданные сервером самостоятельно. Важным навыком для backend-разработчика являются знания о различных видах баз данных и умение работать с ними как напрямую, так и через инструменты выбранного языка программирования. Базы данных бывают реляционными и нереляционными. В реляционной базе данных информация представлена в виде набора строк и столбцов в одной или нескольких таблицах с predetermined связями между ними. Нереляционная база данных, в отличие от предыдущего типа, хранит данные в оптимизированном виде под конкретное решение, например в виде пары «ключ» – «значение». Для новичка желательно уметь работать с обоими типами баз данных. Но мы остановимся только на реляционных. В рамках создания проектов можно применить несколько систем управления базами данных (СУБД), таких как MySQL, PostgreSQL. Разработчик должен уметь проектировать БД и реализовывать все CRUD операции (create – создавать, read – читать, update – обновлять, delete – удалять) с данными. Это позволит ему расширить функционал сайта, а также хранить информацию для работы как с пользователями, так и с другими серверами.

Финальной задачей является освоение работы с системой контроля версий (Git). Так как за проектом, как правило, работают несколько разработчиков, каждый из которых вносит свои изменения, то эти изменения нужно сохранять и добавлять в финальную версию. Это может быть проблематично, если хранить проект в отдельных папках на разных ПК и перекидывать через флешку. Для этого и был создан Git. С ним гораздо удобнее обновлять код проекта и обновлять финальную версию нескольким разработчикам сразу.

В заключении, перспектив для дальнейшего роста огромное количество. При работе разработчик может осваивать работу с операционной системой Linux и писать код под нее, осваивать другие языки программирования и применять их по необходимости, изучать другие инструменты, которые облегчают работу, например, Docker, а также изучать процесс тестирования и вопросы безопасности. Все это позволит разработчику занять лидирующие позиции в компании и понимать работу всех процессов, происходящих на стороне сервера.

1. Без каких знаний не обойтись бэкендеру в 2024? URL: <https://tproger.ru/articles/backend-2024> (Дата обращения: 25.06.2024).
2. Профессия: бэкенд-разработчик. URL: <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/488340/> (Дата обращения: 25.06.2024).
3. Developer Roadmaps. URL: <https://roadmap.sh/backend> (Дата обращения: 25.06.2024).

Грепан В.Н.

Блокчейн и способы анализа фрод-транзакций

*Project Manager (major projects)
BPC Banking Technologies
(Россия, Россия)*

doi: 10.18411/trnio-08-2024-324

Аннотация

В данной статье рассматриваются современные методы анализа данных блокчейна для обнаружения и предотвращения фрод-транзакций. Обсуждаются теоретические основы блокчейн-технологий, их ключевые компоненты и особенности анализа неизменяемого реестра в рамках рассматриваемой в статье проблематики. Отдельное внимание уделяется практическим методам анализа данных блокчейна. Исследование демонстрирует, как технология блокчейна совместно с различными технологиями анализа данных может повысить безопасность, прозрачность операций и защиту пользователей от мошенничества при проведении финансовых операций.

Ключевые слова: Блокчейн, фрод-транзакции, безопасность, прозрачность, финансовые операции.

Abstract

This article discusses modern blockchain data analysis methods for detecting and preventing fraud transactions. It covers the theoretical foundations of blockchain technologies, its key components, and the features of analyzing an immutable ledger within the context of this article. Special attention is paid to practical methods of blockchain data analysis. The research demonstrates how blockchain technology, in combination with various data analysis techniques, can enhance security, transaction transparency, and protect users from fraud when conducting financial operations.

Keywords: Blockchain, fraud transactions, security, transparency, financial operations.

Введение

В последние годы блокчейн-технологии (от англ. blockchain – цепочка блоков) активно развиваются благодаря способности обеспечить прозрачность и безопасность транзакций в распределенных сетях. Эти свойства позволили им стать основой для множества

инновационных решений в различных отраслях, например, финансовой сфере, логистике, здравоохранении. Архитектура блокчейна дает возможность открыто осуществлять надежные и отслеживаемые транзакции без необходимости в центральном управляющем органе. Это повышает доверие к системе, хотя и не исключает полностью риски мошенничества.

Фрод-транзакции (от англ. fraud – мошенничество) являются серьезной проблемой для финансовых и прочих отраслей, связанных с обработкой платежей. Блокчейн-системы предоставляют уникальные возможности для анализа фрод-транзакций благодаря своей публичной и неизменной природе. Способы идентификации фродовых операций в таких системах включают в себя различные методы по анализу транзакций и выявлении мошенничества в реальном времени. Целью данной работы является обзор методов обнаружения фрод-транзакций в блокчейне.

Основная часть. Теоретические основы блокчейна

Блокчейн-технология была впервые применена в 2009 году при запуске криптовалюты Bitcoin. Ее основная идея заключается в создании распределенного и неизменного реестра транзакций, который управляется децентрализованной сетью узлов (рис. 1).

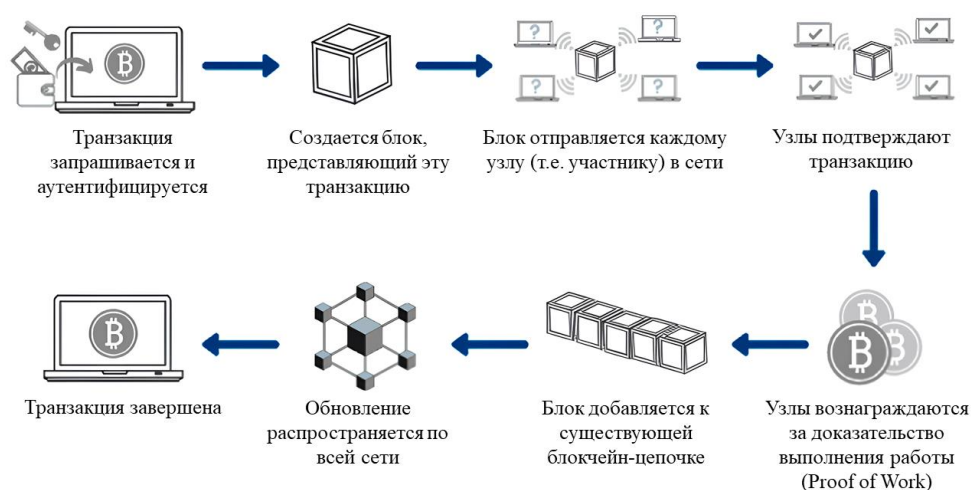


Рисунок 3. Схема работы блокчейн-системы [1]

Ключевыми компонентами блокчейн-системы являются узлы и блоки. Каждый блок в цепочке содержит транзакции, временную метку, криптографическую хеш-функцию предыдущего блока и консенсусные алгоритмы, что обеспечивает целостность и безопасность данных (табл. 1).

Таблица 1

Составные компоненты блокчейн-системы [2]

Компонент	Описание
Узлы	Устройства в сети блокчейна, которые проверяют и передают транзакции
Блоки	Записи, содержащие батчи транзакций (от англ. batch – группы, партии) и криптографическую информацию, связывающую блоки в цепочку
Хеш-функции	Криптографические алгоритмы, обеспечивающие неизменность данных
Консенсусные алгоритмы	Механизмы, такие как Proof of Work (PoW) или Proof of Stake (PoS), которые позволяют узлам прийти к соглашению относительно состояния блокчейна

В совокупности всех компонентов блокчейн-система позволяет записывать и подтверждать транзакции в децентрализованной сети. Это обеспечивает безопасность и прозрачность без необходимости в центральном управляющем органе.

Определение фрод-транзакций и возможность их анализа в блокчейне

Фрод-транзакции – это мошеннические операции, проводимые без согласия владельца учетной записи или карты. Они могут включать в себя кражу данных карт, фальсификацию

транзакций, использование украденных учетных записей и другие виды противоправных действий. Глобальные убытки от фрод-транзакций ежегодно растут. В 2023 году Федеральная торговая комиссия США сообщила, что потери потребителей от мошенничества превысили 10 млрд долларов, что на 14% больше по сравнению с 2022 годом. Из них на махинации с инвестициями пришлось свыше 4,6 млрд долларов (на 21% больше, чем в предыдущем году). Такая динамика подчеркивает необходимость более эффективного обнаружения и предотвращения фрод-транзакций.

Методы анализа транзакций в блокчейне

Анализ транзакций в блокчейне является важным аспектом для понимания поведения участников сети и особенностей производимых операций [3]. Для исследования данных блокчейн-системы применяются различные методы. В сочетании с большими объемами данных они позволяют не только выявлять мошенничество, но и оптимизировать работу сети, улучшая ее эффективность и безопасность.

Алгоритмические методы

Для анализа структуры транзакций и выявления аномальных паттернов могут использоваться графовые алгоритмы. Они исследуют структуры операций, где блокчейн представляется в виде ориентированного графа, в котором вершинами являются адреса криптокошельков, а ребрами – транзакции, которые содержат такую важную информацию как сумма транзакции, время транзакции и др. Это позволяет обнаруживать неестественные паттерны и подозрительные связи между адресами для поиска мошеннических активностей. Примеры таких алгоритмов включают PageRank и HITS, которые позволяют оценить важность или «авторитетность» узлов и выявить ключевые точки в цепочке транзакций.

Регулярные выражения и сигнатурный анализ применяются для поиска подозрительных паттернов в данных операций. Они позволяют находить определенные текстовые шаблоны (адреса кошельков, описания), часто встречающиеся во фрод-транзакциях. Сигнатурный анализ основан на создании и использовании сигнатур, характерных для известных типов фрод-активности. Вместе эти методы обеспечивают эффективное выявление фродовых транзакций за счет анализа как структуры блокчейн-сети, так и содержащихся в ней текстовых данных.

Для изучения сложных конфигураций и предсказания фрод-транзакций в блокчейне используются технологии искусственного интеллекта (от англ. Artificial Intelligence – AI). Например, методы машинного обучения (от англ. Machine Learning – ML) помогают выявлять подозрительные активности на основе хранящейся в блокчейне информации. Алгоритмы, такие как Random Forest и SVM, могут быть обучены на размеченных данных о фрод-транзакциях для предсказания новых мошеннических транзакций. С помощью ML можно анализировать информацию об операциях в блокчейне для выявления подозрительных паттернов [4]. Рекуррентные нейронные сети могут быть использованы для анализа последовательностей транзакций и выявления аномалий. Генеративно-состязательные сети можно применять для создания синтетических данных для тренировки моделей ML на различных сценариях фродовых операций [5].

Поведенческие и статистические методы

Исследование привычек и поведения пользователей для выявления отклонений, указывающих на мошенничество, также является одним из способов анализа фрод-транзакций. Внезапные изменения в характере проведения транзакций, частые попытки доступа с разных IP-адресов или использование нехарактерных клиентских приложений могут служить индикаторами фрода. Поведенческий анализ может быть применен для изучения активности пользователей на основе данных транзакций, хранящихся в блокчейне.

Анализ временных рядов помогает выявлять паттерны в действиях пользователей, такие как увеличение покупок в праздничные периоды. Фрод-транзакции могут проводиться в нарушение этих сезонных трендов: они часто происходят в необычное время или имеют нестандартные интервалы между транзакциями. Поскольку в блокчейне все операции фиксируются с точными временными метками, обеспечивается достоверность данных для анализа.

В блокчейне можно проводить проверку транзакций на соответствие обязательным требованиям и политикам «Знай своего клиента» (от англ. Know Your Customer – KYC) и «Противодействие отмыванию денег» (от англ. Anti-Money Laundering – AML). Отклонение от них может указывать на попытки фродовых действий. Отчеты о подозрительной активности (от англ. Suspicious Activity Reports – SARs) являются методом регуляторного контроля для борьбы с финансовыми преступлениями и обеспечивают соответствие требованиям AML и KYC. В контексте блокчейн-систем SARs могут быть интегрированы с децентрализованными реестрами. Блокчейн обеспечивает прозрачность и неизменяемость данных, что упрощает отслеживание подозрительных транзакций и автоматизацию процесса подачи SARs. Его использование в SARs помогает предотвратить подделку отчетов и обеспечивает прозрачность операций [6].

Автоматизация и смарт-контракты. Автоматизированные системы мониторинга предназначены для постоянного контроля и анализа данных. Смарт-контракты используются для создания защитных механизмов и отслеживания транзакций в реальном времени. Они могут быть запрограммированы для блокировки средств при обнаружении аномальной активности, предотвращая фрод-транзакции. Эти два метода дополняют друг друга в обеспечении безопасности и прозрачности блокчейн-транзакций.

При использовании статистического анализа для выявления необычных транзакций на основе исторических данных можно определить, что средняя сумма денежного перевода для определенного пользователя составляет X единиц блокчейн-валюты. Фрод-транзакции будут отклоняться от этого значения.

Интеграционные методы

Один из распространенных подходов подразумевает объединение различных способов анализа данных для повышения эффективности и точности обнаружения фрод-транзакций (использование комбинаций алгоритмических методов, ML, поведенческого анализа и смарт-контрактов). Это позволяет создать комплексную систему мониторинга и анализа, учитывающую различные аспекты транзакций и активности в сети. Такой подход позволяет эффективнее предотвращать фродовые операции, используя сильные стороны каждого из методов.

Практическое применение блокчейна для обнаружения фрод-транзакций

Многие компании не ограничиваются одним методом анализа фрод-транзакций в блокчейн-сети и применяют их интеграцию для большей точности обнаружения мошенничества [7]. Платформа Quine от компании thatDot (США) использует графовые структуры данных для моделирования отношений в блокчейн-событиях, что позволяет в реальном времени связывать транзакции, аккаунты и блоки.

На блокчейн-платформе с открытым исходным кодом Ethereum для исследования текстовых данных транзакций применяются регулярные выражения и сигнатурный анализ. Библиотека ML LightGBM (от англ. Light Gradient Boosting Machine – облегченный градиентный спуск), анализ временных рядов и смарт-контракты на Ethereum тоже используются для обнаружения фрод-транзакций [8].

Использование методов анализа фрод-транзакций в блокчейне позволяет значительно повысить эффективность защиты пользователей сети от мошенничества и снизить финансовые потери от фрода. Такая интеграция посредством анализа операций дает возможность предугадывать неправомерные действия.

Выводы

Блокчейн является эффективным инструментом для повышения безопасности и прозрачности операций в финансовой сфере, логистике, здравоохранении и других отраслях. Использование распределенного и неизменяемого реестра транзакций, управляемого децентрализованной сетью узлов, совместно с современными методами анализа, такими как регулярные выражения, поведенческий анализ, временные ряды и другие, позволяет

значительно повысить защиту от мошенничества и обеспечить надежность финансовых транзакций.

1. Chowdhury M. U. et al. Blockchain application in banking system //Journal of Software Engineering and Applications. 2021. Т. 14. №. 7. С. 298-311.
 2. Мебония М. А. Технология блокчейн. Примеры блокчейна и его применение //Вестник науки. 2022. Т. 3. №. 12 (57). С. 435-438.
 3. Малыгин Д.С. Микросервисная архитектура в облачных системах: риски и возможности применения в 2024–2030 гг. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2024;12(2).
 4. Частикова В. А., Малыгина М. П., Зотина Ю. С. Подходы к интеграции методов машинного обучения и технологии блокчейн //Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2020. №. 3 (266). С. 92-98.
 5. Малыгин Д.С. Тренды и перспективные направления в развитии программирования // Computational Nanotechnology. 2024. Т. 11. № 1. С. 184–192.
 6. Yadav P., Chandak R. Transforming the know your customer (KYC) process using blockchain //2019 International Conference on Advances in Computing, Communication and Control (ICAC3). – IEEE, 2019. С. 1-5.
 7. Козлова М.Д., Огарков А.И., Кузнецов И.А., Заломский А.С., Рубин И.М. Влияние цифровизации на повышение операционной эффективности медицинского бизнеса: тенденции и примеры // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2024. №5(3). С. 250-257
 8. Aziz R. M. et al. LGBM: a machine learning approach for Ethereum fraud detection //International Journal of Information Technology. 2022. Т. 14. №. 7. С. 3321-3331.
-



LJournal

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
№112, Август 2024**

Часть 6

Подписано в печать 25.08.2024. Тираж 400 экз.
Формат.60x841/16. Объем уч.-изд. л.10,13
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович