

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

№103, Ноябрь 2023
(Часть 7)



Самара, 2023

T33

Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования» №103, Ноябрь 2023 (Часть 7) - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2023 - 224 с.

doi: 10.18411/trnio-11-2023-p7

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

Чернопятов 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

Ильященко 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

Аиранов Баходурджон Пулотович

Кандидат филологических 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 XXII. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	8
Александрова В.Е., Чуркина А.Ю. Обеспечение пожарной безопасности на магистральном газопроводе.....	8
Андреева Е.А. Анализ различных способов по борьбе с образованием донных отложений нефти в резервуарах.....	11
Андреева Е.А. Разработка автоматизированной системы управления для удаления отложений из вертикальных нефтяных стальных резервуаров.....	13
Власова А.А. Рекомендации по оптимизации параметров для улучшения производительности буровых работ	16
Гиматова С.С., Буданов Б.В. Самые опасные аварии Белоярской Атомной электростанции	19
Гусарова О.Ф., Синицын С.А., Шумейко Г.С. Расчет на прочность стыковых швов легких листовых обводов и нагруженных сварных конструкций отраслевого назначения	21
Егорова Е.С. Анализ приложений для отслеживания свободных мест на парковке.....	24
Караваев А.И., Мельник В.В., Любская О.Г. Становление системы обращения с отходами в России.....	26
Карапетян М.А., Чепоров И.В. Аутсорсинг обслуживания тракторов и автомобилей в сельском хозяйстве	30
Комарова П.А. Интеграция данных и многовариантный анализ в нефтегазовой индустрии	33
Кострицкий В.В., Семенченко Е.А., Закревский Н.А., Храменок Б.С. Моделирование процесса определения и устранения неисправностей автомобильных систем	36
Ледяев К.А. Как дроны и беспилотники спасают экосистемы от разлива нефти	39
Лопатников Г.С., Борискин С.И. Исследование прочности детали «Шестерня ведущая».	41
Лымарь А.А., Пшидаток С.К. Сравнение функциональных возможностей программ AutoCAD и NanoCAD.....	45
Мадаев С.М., Алихаджиев С.Х. 3D-печать в научных исследованиях: Использование 3D-печати для создания оборудования, деталей и моделей в науке.....	48
Макарова Д.Д. Современные установки для очистки сточных вод от нефтепродуктов	50
Макарь И.Н., Любская О.Г. Методы предотвращения аварий на угольно-добывающих предприятиях.....	53
Мокшанов А.С. Максимизация эффективности производственно-отопительных котельных с газотурбинными установками и котлами-утилизаторами	57
Петрова К.Д., Белый В.А., Гребнева О.А. Эффективность применения новых армирующих материалов в строительстве	59
Походина М.А. Криптография и использование теории чисел в шифровании.....	62
Пузырев Н.М., Мартынов Д.В., Барбашинова Н.Б. Оценка эффективности защиты от теплового излучения энергетических установок методом парных сравнений.....	64
Семерник И.В., Самонова К.В. Численное исследование помехозащищенности подводной беспроводной оптической системы связи при изменении дальности соединения	67
Соколов Н.С. Воздействие сверхвысокочастотных процессов для устройства буринъекционных свай.....	71

Соколов Н.С. Конструкции усиления оснований.....	77
Соколов Н.С. Надежность эксплуатации объекта.....	82
Соколов Н.С. Оборудование для уплотнения грунта в буронагнетательных сваях.....	90
Филатова А. В., Гриванова А.Д. Исследование применения GPS-технологий в геодезии...	94
Филатова А.В., Железина Т.В., Батурина А.А. Геодезические измерения при деформации зданий и сооружений.....	97
Филатова А.В., Железина Т.В., Калгин В.И. Повышение точности измерения углов в геодезической практике.....	100
Филатова А.В., Зверева К.К. Геодезические разбивочные работы при строительстве.....	104
Филатова А.В., Кулгарин Д.А. Анализ применения геодезических методов измерений в сельском хозяйстве.....	106
Филатова А.В., Леонова З.А. Опыт применения спутниковой геодезической аппаратуры при проведении инженерно-геодезических изысканий.....	108
Филатова А. В., Ошлаков А.А. Геодезический мониторинг зданий и сооружений: цели, этапы и результаты проведения.....	111
Филатова А. В., Ситало В.В. Геодезические и картографические работы в геодезии.....	113
Халиков Р.М., Иванова О.В., Павлов С.Ю., Глазачев А.О. Эффективное укрепление оснований дорожного полотна автодорог известково-шлаковыми вяжущими на базе многотоннажных отходов.....	116
Халиков Р.М., Павлов С.Ю., Глазачев А.О. Качественное улучшение технологических характеристик асфальтобетонных покрытий автодорог взаимодополняющими инновационными добавками.....	119
Холуденева А.О., Исляев Р.Я., Шаповалов Д.И. Моделирование показателей качества большого шарового крана, предназначенного для газопроводов.....	122
Цой Ю.И., Блинов А.К. Исследование свойств плитных материалов для корпусной мебели.....	125
Цой Ю.И., Блинов А.К. Физико-механические свойства облицовочных материалов мебельных щитов.....	128
Шевырев Л.Ю. К вопросу определения сводаобразующего размера выпускного отверстия бункера сеялки.....	132
Шевырев Л.Ю. К определению формы частицы сыпучего материала.....	135
Ялалова З.Р., Базин Д.А. Гребные электрические установки в судостроении.....	138
Postovoy A.A., Dmitrienko N.A. Stone crushing waste effect on foam concrete.....	140
Postovoy A.A., Dmitrienko N.A. Design principles for an adaptive housing.....	143
Ryazhskikh A.I., Dmitrienko N.A. Application of a double facade in the Rostov region.....	146
Postovoy A.A., Dmitrienko N.A. The need for installing temporary structures in modern urban environment.....	148
РАЗДЕЛ XXIII. ФИЗИКА.....	151
Кошман В.С. Возможные эпизоды эволюции Вселенной, или о природных явлениях, идеях и ходе космологических событий.....	151

РАЗДЕЛ XXIV. МАТЕМАТИКА	158
Гасымова А.Р. Функции Римана компактных уравнений. Обратная задача теории рассеяния для одного класса потенциалов уравнения Штурма-Лиувилля	158
Юнусов А.Р., Кремлева Э.Ш. Дискретная математика в информационных системах и технологиях	162
РАЗДЕЛ XXV. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	167
Арчекова А.А. Улучшение надежности и эффективности газовых сетей среднего давления через аналитику	167
Комиссарова С.А. Производительность и устойчивость: оценка разработки прилегающих отложений	169
Любцов А.В. Использование автоматизации в управлении нефтяными утечками	172
Скок А.С. Перспективы автоматизации в газодобыче	175
Шпаков А.А. Методы внедрения и использования возобновляемых источников энергии в добычных операциях	177
РАЗДЕЛ XXVI. ЭНЕРГЕТИКА	181
Нарушев Е.В. Анализ взаимодействия элементов в тепловых конструкциях	181
Пелеганчук А.В. Ключевые аспекты вариации режимов работы парогазовой установки ...	183
Пелеганчук А.В. Применение утилизационных парогазовых установок	186
Сумбаев С.Ю. Новейшие технологии, позволяющие сделать инверторы более адаптивными к различным условиям	188
Сумбаев С.Ю. Различные типы ветрогенераторов, их конструктивные особенности и потенциал для будущего развития энергетики	191
Филиппов В.В., Филиппов Р.В. Использование диоксида углерода в энергетических установках	194
РАЗДЕЛ XXVII. ТРАНСПОРТ	198
Луняка А.Н. Первоначальное обучение вождению транспортных средств	198
Матвеева Л.Л., Шевырев Л.Ю. Особенности троллейбусного движения, преимущества и недостатки троллейбусной системы	200
Орлова Л. В., Бубликова Н.Я., Романов Д.А. Эффект психофизиологической надежности летных экипажей по решению проблемы безопасности полетов	203
РАЗДЕЛ XXVIII. ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ	206
Галушина П.С. Применение пищевых волокон в производстве мясных продуктов	206
Галушина П.С. Применение пищевых волокон при производстве молочных продуктов ...	208
РАЗДЕЛ XXIX. АСТРОНОМИЯ	212
Тимербулатов Т.Р. Чёрные дыры Вселенной	212
РАЗДЕЛ XXX. ТУРИЗМ	217
Завьялова Д.Д., Сотова Л.В. Организация сырного фестиваля в Мордовии	217

РАЗДЕЛ XXII. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Александрова В.Е., Чуркина А.Ю.

Обеспечение пожарной безопасности на магистральном газопроводе

Самарский государственный технический университет

(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-390

Аннотация

В данной работе были рассмотрены вопросы обеспечения безопасной транспортировки природного газа в России, рассмотрены особенности в системе обеспечения безопасности линейных газопроводов. Проведя технологическую характеристику магистрального газопровода ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», проведен анализ аварийных ситуаций на данном участке газопровода.

Ключевые слова: пожарные риски, дерево событий, аварийная ситуация, разгерметизация, магистральный газопровод.

Abstract

In this paper, the issues of ensuring the safe transportation of natural gas in Russia were considered, the features in the system of ensuring the safety of linear gas pipelines were considered. Having carried out the technological characteristics of the main gas pipeline of Gazprom Transgaz Yekaterinburg LLC, an analysis of emergency situations on this section of the gas pipeline was carried out.

Keywords: fire risks, event tree, emergency, depressurization, main gas pipeline.

Все объекты нефтегазового комплекса характеризуются присутствием и обращением большого количества взрыво- и пожароопасных веществ, и материалов, что повышает вероятность возникновения пожароопасных аварийных ситуаций. Ситуация усугубляется тем фактом, что зачастую объекты нефтегазовой отрасли располагаются вблизи населенных пунктов, количество сотрудников объекта достигает несколько сотен, а то и тысяч человек, что может привести к многочисленным жертвам при возможных авариях и пожарах. Все эти факторы предъявляют новые требования к дальнейшему развитию и совершенствованию системы мероприятий предупреждения и ликвидации пожаров на объектах хранения нефтепродуктов.

На официальном сайте Ростехнадзора представлена информация об авариях на объектах нефтегазовой отрасли за период 2018–2022 год, а также рассмотрены основные технические и организационные причины таких аварий. В ходе анализа было выявлено, что за отведенный период произошло порядка 260-ти аварий, среди которых: – 27 пожаров; – 39 выбросов горючих веществ; – 36 разрушений сооружений; – 75 повреждений и (или) разрушений ТУ; – около 35-ти неконтролируемых взрывов [3].

Рассмотрим одну из аварий, произошедшую на магистральном газопроводе ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»

Описание аварии: Строительство МГ завершилось в июне 1975 года, диаметр газопровода составляет 530 мм, максимальное рабочее давление составляет зафиксированное на 22.12.2021 составляет 4,1 МПа. В восстановительных работах принимали участие 20 единиц техники и 75 работников филиалов ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург" - Красногорского ЛПУМГ и Управления аварийно-восстановительных работ № 1.

Технические причины аварии: Механический дефект в виде задира глубиной до 1,5 мм, шириной 10 мм нанесенный во время строительства газопровода.

Организационные причины аварии: Не приняты меры, направленные на обеспечение промышленной безопасности, путем своевременного реагирования на условия по безопасной эксплуатации, указанные в заключении экспертизы промышленной безопасности отработавшего нормативный срок службы газопровода – отвода «Чебаркуль-Миасс-Златоуст-Сатка» и степени его соответствия требованиям промышленной безопасности.

Главным событием является истечение газа вследствие разрыва газопровода (рисунок 1).

A1 – Истечение газа из системы в районе города.

A2- Истечение газа из системы в холмистой местности.

B1 – Несанкционированное вскрытие.

A3 – Истечение газа из системы в заболоченной местности.

A4 – Аварийная ситуация в русле реки.]

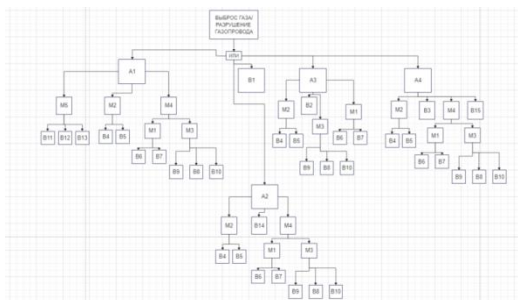


Рисунок 1. Дерево событий - истечения газа вследствие разрыва трубопровода.

Каждое событие может привести к главному событию (истечение газа из системы) и требует дальнейшего развития. После построения конечной схемы дерева событий и представив оценочную частоту (вероятность) для всех базовых или неразвивающихся событий, можно приступить к количественному анализу, вычислив вероятность возникновения главного события.

Риск возникновения аварий, выраженный в баллах, приравнивается к зонам с низкой, средней и высокой степени опасности возникновения аварийных ситуаций (таблица 1).

Таблица 1

Риск аварий, выраженный в баллах

Сравнительная степень опасности	Значения показателя риска аварии		
	Вероятность события	Оценка в баллах	Расчетная вероятность события
Незначительная	$<10^{-6}$	1-2	
Низкая	$10^{-4} - 10^{-6}$	3-4	
Средняя	$10^{-3} - 10^{-4}$	5-6	Истечение газа из системы в холмистой местности $1,4 \times 10^{-4}$ Истечение газа из системы в заболоченной местности $1,3 \times 10^{-4}$ Аварийная ситуация в русле реки $1,6 \times 10^{-4}$
Высокая	$10^{-2} - 10^{-3}$	7-8	Выброс газа/разгерметизация газопровода $2,2 \times 10^{-2}$ Несанкционированные вскрытия 1×10^{-2} Истечение газа из системы в районе города $1,2 \times 10^{-2}$
Чрезвычайно высокая	$10^{-1} - 10^{-2}$	9-10	

Вычисление величин пожарного риска на объекте

Индивидуальный риск – частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий. Индивидуальный пожарный риск в зданиях, сооружениях и на территориях объекта составляет $9,383 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$, что

не превышает нормативное значение 10^{-6} год $^{-1}$, установленное п. 1 ст. 93 федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1].

В соответствии с РД 03-418-01 потенциальный территориальный риск – частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке территории. Потенциальный риск, не зависит от факта нахождения объекта воздействия в данном месте пространства (рис. 2).

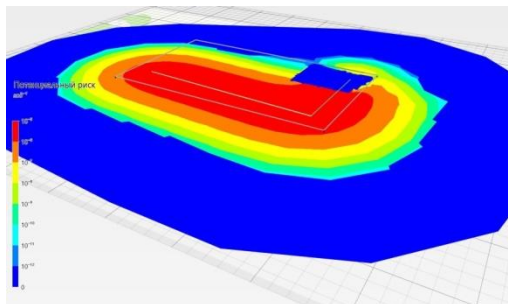


Рисунок 2. Потенциальный пожарный риск от оборудования объекта.

Социальный пожарный риск воздействия опасных факторов пожара на объекте для людей, находящихся в селитебной зоне, составляет $7,127 \cdot 10^{-5}$ год $^{-1}$ (рис. 3), что превышает нормативное значение 10^{-7} год $^{-1}$, установленное п. 5 ст. 93 федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1].

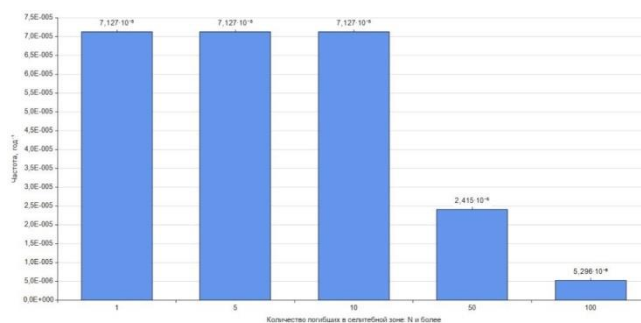


Рисунок 3. F-N диаграмма социального риска.

В соответствии со статьей 6 и статьей 93 федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1] пожарная безопасность объекта защиты не обеспечивается.

Мероприятия по устранению и предупреждению причин аварии для магистрального газопровода ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»:

Необходимо:

Провести экспертизу промышленной безопасности участка МГ.

Разработать методику и график шурфового обследования труб с целью принятия решения по их дальнейшей эксплуатации.

Провести внеплановые целевые проверки соблюдения требований промышленной безопасности в части анализа качества выполнения работ по проведению экспертизы промышленной безопасности.

Провести внеочередную аттестацию по промышленной безопасности ответственных работников эксплуатирующей организации.

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями).

2. А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая. Анализ риск, оценка последствий аварий и управление безопасностью химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств: учебное пособие для вузов. — Москва: КолосС, 2010. — 528 с.
3. Россия в цифрах 2016. Краткий статистический сборник. Федеральная служба государственной статистики (Росстат), Москва, 2016. — 545 с.

Андреева Е.А.

Анализ различных способов по борьбе с образованием донных отложений нефти в резервуарах

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-391

Аннотация

В данной статье рассмотрены наиболее перспективные и эффективные способы, которые наилучшим образом борются с накоплением донного нефтяного осадка в нефтяных вертикальных стальных резервуарах. Рассмотренные способы являются не только эффективными, но и достаточно безопасными как для окружающей среды, так и для рабочего персонала, находящегося в непосредственной близости к опасному производственному объекту.

Ключевые слова: методы удаления отложений, резервуар, транспорт высоковязкой нефти, контроль донного осадка, приемо-раздаточное устройство.

Abstract

This article discusses the most promising and effective methods that best combat the accumulation of bottom oil sediment in vertical steel oil tanks. The considered methods are not only effective, but also quite safe both for the environment and for working personnel located in close proximity to a hazardous production facility.

Keywords: methods of sediment removal, reservoir, transport of high-viscosity oil, bottom sediment control, receiving and distributing device.

Для анализа были выбраны методы с различным способом взаимодействия с накопившемся донным отложением. Это как физическое воздействие, термическое или же кинематическое, которое является наиболее эффективным и связано с взаимодействием струей самой нефти, которая подается под давлением через специальные устройства размыва [1].

Среди оцененных вариантов одним из самых эффективных признана гидравлическая система очистки с использованием веерного сопла. В этой системе струя углеводорода распространяется на дно резервуара, очищает отложения со дна, и затем общая объединённая масса откачивается из резервуара. Эта система устраняет необходимость в трудоемкой периодической очистке резервуара [2]. Система также помогает сохранить и повторно использовать осадок, который является ценным источником энергии, увеличить полезную емкость резервуара и предотвратить загрязнение окружающей среды.

Однако, несмотря на свою эффективность, система имеет ряд серьезных недостатков. Наиболее серьезными проблемами являются быстрый износ трубопроводов и загрязнение движущихся частей оборудования, что в конечном итоге снижает эффективность работы [2]. Самым главным из них является быстрое разрушение обвязки трубопровода и загрязнение подвижных частей устройства, тем самым эффективность снижается [2].

Другим же способом борьбы с отложениями является метод очистки от донных отложений резервуаров, в которых разжижаются высокопарафинистые виды нефти, посредством естественной конвекции, возникающей в результате нагрева нефти [3]. Были исследованы различные методы нагрева нефти, включая секционные паровые нагреватели,

электрические нагревательные кабели и плоские гибкие электронагреватели. Помимо предложенного метода, основанного на нагреве нефти и естественной конвекции, в данной работе анализируются другие методы предотвращения оседания донных отложений без ликвидации водоема [5].

Исходя из анализа сохранения резервуара в рабочем состоянии и изучения методов подогрева резервуара с использованием пара или электроэнергии в качестве теплоносителя (см. Таблицу 3), можно прийти к заключению, что наиболее эффективным из рассмотренных методов является применение плоских гибких электрических нагревателей для сжижения донных отложений [3].

Таблица 1

Сравнительная характеристика методов подогрева резервуара с разными вариантами теплоносителя

№	Параметры	Секционные паровые подогреватели	Электрические нагревательные кабели	Плоские гибкие электрические нагреватели
1	Теплоноситель	водяной пар	электроэнергия	электроэнергия
2	Температура, °С	от-10 до 100	от-50 до 100	от-60 до 130
3	Пожаробезопасность	безопасные	безопасные при целостности изоляции	безопасные
4	Монтаж	сложный	простой	простой
5	КПД, %	60-70	75-80	Не менее 90

Следующим эффективным методом является модернизированное приемо-раздаточное устройство, которое располагается в первом поясе резервуара и в обычном своем функционале выполняет откачивание и закачивание продукта в емкость. В данном случае устройство дополняется направляющими отверстиями откуда под давлением выходит закачиваемый продукт и смывает осадок, расположенный вдоль стенок и у днища резервуара. Размыв происходит за счет кинетической энергии потока подаваемой жидкости, а конкретно в условиях эксплуатации нефтью [4].

В устройстве находится несколько отверстий, и они находятся под разными углами, за счет этого распространение струи жидкости происходит в разные стороны и охватывает хороший радиус днища. Направленные отверстия разделяют общий поток на три части, после этого жидкость закручивается и создается мощная струя с большой скоростью выборода продукта (все ещё зависит от технологических параметров закачивания нефти, установленных базой эксплуатации). Совокупное применение с подогревом или системой винтовой мешалки достаточно эффективно позволяет избавиться резервуар от отложений.

Во время эксплуатации ПРУ в РВС необходимо переводить работу устройства с одного направление на другое, это связано с тем, что проведение работ по одной стороне скопит осадок в противоположной. Смена направления указана на рисунке 2. Все компоненты и запчасти устройства должны быть устойчивы к агрессивной среде эксплуатации и быть защищены от механического повреждения.

Предлагаемое изобретение относится к области хранения нефти и предназначено для использования при транспортировке, хранении и переработке нефти. В рамках предложенного способа хранения нефти создается специальный слой жидкости, известный как гидравлическая подушка, на дне резервуара. Для формирования этого слоя используются многоатомные

спирты, например, глицерин и его производные. Эти жидкости не смешиваются с нефтью и имеют более высокую плотность.

В процессе хранения нефти, жидкость для гидравлической подушки периодически циркулирует через внешнюю систему нагрева. Это создает конвекционные токи в резервуаре вблизи границы раздела фаз нефти, что помогает предотвратить осаждение тяжелых компонентов нефти. Также жидкость для гидравлической подушки регулярно проходит через внешнее фильтрующее устройство, чтобы удалить неорганические примеси. Кроме того, глицерин, который является гигроскопичным агентом, способен поглощать воду с примесями, которая может накапливаться в резервуаре во время хранения нефти.

Таким образом, предложенный способ хранения нефти с использованием гидравлической подушки и соответствующих процессов циркуляции, нагрева и фильтрации помогает поддерживать оптимальные условия хранения нефти и предотвращает негативные последствия, связанные с осаждением тяжелых компонентов и наличием примесей в резервуаре.

Все рассмотренные методы выполняют свою функцию и уменьшают объем накопления донного осадка, но по отдельности имеют низкую эффективность и сложность в удалении размытого осадка, имеется несколько слепых зон. Комбинированное применение веерных сопел и гидравлической подушки в поэтапном применении этих двух методов наиболее эффективно справляется с поставленной задачей, количество слепых зон снижается до минимума и тем самым повышается надежность эксплуатации всего резервуарного парка.

1. Мустафин Ф.М., Жданов Р.А., Каравайченко М.Г. и др. Резервуары для нефти и нефтепродуктов: том 1. Конструкции и оборудование: учебник для вузов. – СПб.: Недра, 2010. – 480 с.
2. Гималетдинов Г.М., Саттаров Д.М. Способы очистки и предотвращения накопления донных отложений в резервуарах // Нефтегазовое дело. – 2006. – Т. 1.
3. Мельников З.Г., Коноплев В.Н. Сохранение стабильности свойств добытой нефти при транспортировке за счет размыва донных отложений при помощи плоских гибких электрических нагревателей как один из способов ее обогащения // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. №3. – С. 148-158.
4. Хризалид А., Кызас Г. З. Применяемые методы очистки нефтяных остатков из промышленных резервуаров // Международный рецензируемый журнал "Процессы". 2020.
5. Бутов. В.Г. Никульчиков А.В. и др. «Исследование процесса струйного размыва донных отложений в нефтяных резервуарах» // Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. №9. 93-100

Андреева Е.А.

Разработка автоматизированной системы управления для удаления отложений из вертикальных нефтяных стальных резервуаров

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-392

Аннотация

С целью повышения надежности эксплуатации резервуаров в резервуарном парке и снижению рисков воздействия агрессивной среды на окружающую среду и человека предлагается внедрять в специализированные резервуары отстойники устройства по сбору донного осадка. В работе предлагается так построить общий технологический процесс, чтобы предотвратить накопление асфальто-смолистых (АС) составляющих на днище резервуара в резервуарном парке (РП) нефтеперекачивающей станции МНП, где производится прием нефти от поставщиков.

Ключевые слова: резервуар, транспорт высоковязкой нефти, резервуарный парк, датчики давления, устройства сбора и удаления.

Abstract

In order to increase the reliability of the operation of tanks in the tank farm and reduce the risks of exposure to aggressive environment on the environment and humans, it is proposed to introduce

devices for collecting bottom sediment into specialized settling tanks. The paper proposes to build a general technological process in such a way as to prevent the accumulation of asphalt-resinous (AS) components on the bottom of the tank in the tank farm (RP) of the oil pumping station of the MNP, where oil is received from suppliers.

Keywords: tank, transport of high-viscosity oil, tank farm, pressure sensors, collection and disposal devices.

В резервуаре для размыва донных отложений используется стационарная система, которая предназначена для резервуаров с нефтью. Эта система состоит из размывающих сопел и трубной разводки [1]. Размыв может осуществляться как отдельным, так и совмещенным методом в зависимости от условий и требований. В процессе размыва может применяться винтовая мешалка "Диоген" для обеспечения эффективного перемешивания и размыва донных отложений.

Более подробная информация о стационарной системе размыва и использовании винтовой мешалки "Диоген" может быть найдена в документе РД-23.020.00-КТН-018-14. Данный документ содержит описание методики и рекомендации по проведению размыва донных отложений в резервуарах [2].

Комбинированный метод эрозии отложений предполагает одновременное затопление водохранилища через эрозионную систему и закачку по трубопроводу ДЭС. Этот процесс приводит к одновременному флотации и удалению осадка [1].

Данный используемый метод является достаточно эффективным и справляется с накоплением осадка и удаляет его, но не решает ключевую проблему – накопленные отложения являются размываемыми в общей массе и продолжают свой транспорт по трубопроводной системе, тем самым загрязняя её.

Исследуемый резервуарный парк расположен на НПС "Самара-1", который находится на станции "Самара" и входит в состав Самарского РНУ (Регионального нефтеперекачивающего участка) Волжского района. В этом резервуарном парке осуществляется хранение и перекачка нефти. Нефть поступает в резервуарный парк через магистральные нефтепроводы.

Можно найти множество способов, обеспечивающих избавление резервуара от отложений, их размыв заблаговременный и удаление при помощи специальных технологий, но они помогают только временно улучшить хранение и транспорт высоковязкой нефти, так как они связаны только с размывом донных отложений и направлены на уменьшение их накопления. Сами донные отложения удаляются в смеси с перекачиваемой нефтью [3]. При этом не решается проблема, которая заключается в нарушении качества перекачиваемой нефти по причине того, что весь сжиженный твердый осадок остается в транспортируемой нефти.

Таким образом, разработка и совершенствование технологических способов, обеспечивающих размыв и одновременно удаление нефтяного осадка из резервуара с сохранением качественных характеристик нефти в процессе эксплуатации резервуарного парка, остается актуальной задачей.

Решением поставленной проблемы удаления накопившихся донных отложений после размыва в резервуарах является дополнение уже к существующей системе ДИОГЕН устройств сбора осадка. Дополнение в своем виде является модернизацией резервуара устройствами накопления и удаления донных отложений. Предлагаемая дополнительная система конструктивно состоит из емкостей сбора, установленных по периметру днища резервуара, то есть днище резервуара будет оснащено тремя аккумулирующими емкостями. Места расположения устройств выбраны не случайным образом. Резервуар с данными устройствами и средствами автоматизации изображен на рисунке 1.

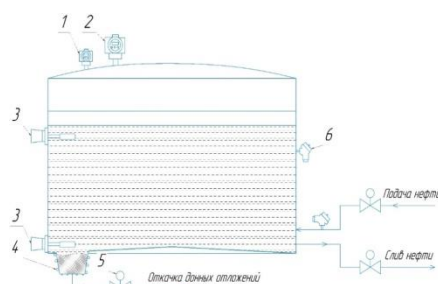


Рисунок 1. Резервуар с датчиками и устройством сбора, где 1 – датчик уровня нефти, 2 – датчик уровня нефти контрольный, 3 – датчик сигнализации уровня и раздела сред (сверху и снизу соответственно), 4 – кабельные нагреватели, 5 – запорно-регулирующая арматура, 6 – датчики температуры

Устройства в днище резервуара выполняют функцию аккумуляции и сбора донного осадка после размыва, проведенного устройством ДИОГЕН. Затопленная струя, создаваемая вращающимся гребным винтом, закручивает всю взвешенную массу с нефтью против часовой стрелки. Данное направление движения обусловлено тем, что у сборников осадка имеется эвольвента (направляющая преграда), при столкновении с которой оседающие отложения попадают в устройство. Количество приемков рассчитывается для каждого объема резервуара.

Обогрев труб и самого устройства сбора осуществляется за счет кабелей и специализированных вспомогательных систем, которые устанавливаются непосредственно вдоль внешней поверхности трубы. Данные кабели и системы обернуты в пожарозащищенную оболочку с поддержанием необходимой температуры во время производства удаления донных отложений [1].

Устройство сбора и удаления также оснащено датчиками, определяющими уровень накопления тяжелого донного осадка, который оседает в них в течении времени после размыва. Наилучшим подходящим прибором является магнитно-поплавковый датчик уровня, так как погрешность данных минимальна, и сигнализация раздела двух разных сред происходит за короткое время.

Для лучшего прохождения всех изгибов труба, расположенная под устройством сбора, выполнена из пары угловых отводов, которые находятся под 45 градусов и имеют между собой прямую вставку, тем самым обеспечивается наилучшее самостоятельное течение жидкости под силой тяжести. Сам же трубопровод выведен за специальное обвалование резервуара, за которым находится задвижка с электроприводом и системой автоматизации.

Предложенный метод извлечения асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) и их последующая переработка на асфальтобитумных заводах имеют несколько экологических преимуществ [3].

Во-первых, этот метод позволяет извлечь асфальтизат из высоковязкой нефти (ВВН) на стадии отправки нефти в магистральные трубопроводы. Таким образом, транспортируемая по трубопроводам нефть будет иметь низкое содержание асфальтосмолопарафиновых составляющих. Это способствует снижению загрязнения системы транспорта и облегчает процесс перекачки и транспортировки нефти.

Во-вторых, переработка извлеченных асфальтосмолопарафиновых отложений на асфальтобитумных заводах позволяет получить высококачественный асфальт и различные металлы. Это способствует эффективному использованию отходов и снижению их количества. Таким образом, метод способствует редукции отходов и повышению эффективности использования ресурсов.

В целом, предлагаемый метод не только обеспечивает получение высококачественного асфальта и различных металлов, но также снижает загрязнение системы транспорта и способствует улучшению экологической устойчивости процесса добычи и транспортировки нефти. Это важно с точки зрения охраны окружающей среды и сбережения природных ресурсов.

1. Мустафин Ф.М., Жданов Р.А., Каравайченко М.Г. и др Резервуары для нефти и нефтепродуктов: том 1. Конструкции и оборудование: учебник для вузов. – СПб.: Недра, 2010. – 480 с.

2. Коновалов Н.В., Мустафин Ф.М., Коробков Г.З., Ахияров Р.Ж., Лукьянова И.Э. Оборудование резервуаров: Учеб.пособия для ВУЗов. 2-е изд., перераб. и доп. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2005. —214 с
3. Мельников З.Г., Коноплев В.Н. Сохранение стабильности свойств добытой нефти при транспортировке за счет размыва донных отложений при помощи плоских гибких электрических нагревателей как один из способов ее обогащения // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. №3. – С. 148-158.
4. Багдасаров Р.С., Багдасарова Ю.А. Проектирование, сооружение и эксплуатация нефтехранилищ: учебное пособие. – Самара: Самарский Государственный Технический Университет, 2007. — 267 с.
5. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
6. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно–практическое пособие. – М.: инфра–Инженерия, 2008. 928с., 12 ил.

Власова А.А.

Рекомендации по оптимизации параметров для улучшения производительности буровых работ

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-393

Аннотация

В статье рассматривается важность оптимизации ключевых параметров, таких как скорость вращения, нагрузка на долото, расход бурового раствора, их взаимосвязь и влияние на эффективность и надежность процесса бурения. Представлены результаты исследований и рекомендации по оптимизации управляемых параметров, способствующие улучшению надежности и производительности буровых работ.

Ключевые слова: бурение, надежность, оптимизация, управляемые параметры, процесса бурения.

Abstract

The article discusses the importance of optimizing key parameters, such as rotation speed, bit load, drilling fluid flow, their relationship and impact on the efficiency and reliability of the drilling process. The results of research and recommendations on optimization of controlled parameters that contribute to improving the reliability and productivity of drilling operations are presented.

Keywords: drilling, reliability, optimization, controlled parameters, drilling process.

Процесс бурения играет важную роль в нефтегазовой промышленности, обеспечивая доступ к природным ресурсам, находящимся в глубинах Земли. Эффективность и надежность этого процесса имеют критическое значение для безопасности и экономической выгоды. Одним из ключевых методов повышения надежности процесса бурения является оптимизация управляемых параметров режима бурения.

Управляемые параметры режима бурения - это факторы, которые могут быть изменены оператором буровой установки для оптимизации процесса бурения. Они включают в себя следующие параметры:

- Скорость вращения долота
- Давление на долото
- Расход бурового раствора
- Глубина бурения
- Угол наклона скважины

Оптимизация управляемых параметров режима бурения может быть достигнута с помощью современных технологий и систем управления. Вот некоторые из способов, как это можно сделать:

- Установка датчиков и сенсоров на буровое оборудование позволяет операторам получать реальные данные о состоянии и производительности

инструмента. Эти данные могут быть использованы для непрерывной коррекции параметров бурения.

- С использованием автоматических систем управления можно достичь более точной и стабильной регулировки параметров бурения. Это позволяет операторам быстро реагировать на изменяющиеся условия скважины.
- Сбор данных о прошлых бурениях и их анализ позволяют определить оптимальные параметры для конкретных условий и типов горных пород.

Процесс бурения в нефтегазовой промышленности является одним из ключевых этапов для добычи ценных энергетических ресурсов. Повышение надежности этого процесса имеет высокий приоритет, поскольку снижение вероятности сбоев и повышение эффективности бурения способствуют сокращению времени и затрат, а также снижению негативного воздействия на окружающую среду. В данной статье рассматривается методика повышения надежности процесса бурения через оптимизацию управляемых параметров режима бурения.

Увеличение надежности оборудования для бурения в современной нефтегазодобывающей промышленности представляет собой важную задачу, выполнение которой приносит заметный экономический эффект. Современное буровое оборудование состоит из множества взаимодействующих механизмов, устройств и приборов. Даже отказ одного элемента этой сложной системы может вызвать сбой всей системы.

Низкая надежность бурового оборудования часто приводит к увеличению эксплуатационных расходов и времени простоя буровых установок. Более того, недостаточная надежность может привести к неожиданным отказам частей и деталей из-за нарушений технологии, что может вызвать серьезные аварии с высокими затратами на их устранение. Однако повышение надежности часто сопровождается усложнением оборудования и ростом его стоимости. Поэтому необходимо установить оптимальный уровень надежности, учитывая критерии минимальных затрат на проектирование, изготовление и эксплуатацию оборудования.

Целью данной работы является повышение надежности бурового оборудования путем оптимизации управляемых параметров режима бурения.

Один из ключевых параметров надежности, рассматриваемых в данной работе, - это вероятность безотказной работы долота. Эта вероятность определяется как произведение вероятностей безотказной работы опоры долота и её вооружения:

$$P_t = P_o(t) \cdot P_v(t) \quad (1)$$

Где $P_o(t)$ - вероятность безотказной работы опоры долота, $P_v(t)$ - вероятность безотказной работы вооружения долота.

В случаях, когда отказ опоры может привести к отказу долота, вероятность безотказной работы долота вычисляется как функция времени с использованием функции Лапласа:

$$P_t = \Phi_0(T_{cp} - t) \quad (2)$$

Где Φ_0 - функция Лапласа, T_{cp} - среднее время до отказа, σ - среднеквадратическое отклонение.

Для создания математической модели процесса бурения были рассмотрены различные зависимости. Основные параметры, включенные в эту модель, включают механическую скорость проходки M , время работы опоры долота t_0 и время работы вооружения долота t_v . Система уравнений, описывающая процесс механического бурения, представляется следующим образом:

$$M = f(P, n, N_d) \quad (3a)$$

$$t_0 = f(P, n) \quad (3b)$$

$$t_v = f(P, n) \quad (3c)$$

Где M - механическая скорость проходки, P - осевая нагрузка на долото, n - скорость вращения ротора, N_d - гидравлическая мощность, приложенная к долоту.

Сформулированы ограничения модели, включая минимальные и максимальные значения осевой нагрузки и скорости вращения ротора, а также определены коэффициенты, соответствующие реальным условиям бурения.

Исследование и оптимизация управляемых параметров режима бурения являются важными шагами в повышении надежности бурового оборудования и снижении операционных рисков и затрат.

Таблица 1

Время работы опор долот в зависимости от параметров n и G .

Новые опоры				Изношенные опоры					
G, т	При $n=50$ об/мин	При $n=100$ об/мин	При $n=150$ об/мин	При $n=200$ об/мин	G, т	При $n=50$ об/мин	При $n=100$ об/мин	При $n=150$ об/мин	При $n=200$ об/мин
1	0,1800	0,0900	0,0600	0,0450	1	0,0200	0,0100	0,0067	0,0050
2	0,0450	0,0225	0,0150	0,0113	2	0,0050	0,0025	0,0017	0,0013
3	0,0200	0,0100	0,0067	0,0050	3	0,0022	0,0011	0,0007	0,0006
4	0,0113	0,0056	0,0038	0,0028	4	0,0013	0,0006	0,0004	0,0003
5	0,0072	0,0036	0,0024	0,0018	5	0,0008	0,0004	0,0003	0,0002
6	0,0050	0,0025	0,0017	0,0013	6	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001
7	0,0037	0,0018	0,0012	0,0009	7	0,0004	0,0002	0,0001	0,0001
8	0,0028	0,0014	0,0009	0,0007	8	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001
9	0,0022	0,0011	0,0007	0,0006	9	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
10	0,0018	0,0009	0,0006	0,0005	10	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
11	0,0015	0,0007	0,0005	0,0004	11	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
12	0,0013	0,0006	0,0004	0,0003	12	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
13	0,0011	0,0005	0,0004	0,0003	13	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
14	0,0009	0,0005	0,0003	0,0002	14	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
15	0,0008	0,0004	0,0003	0,0002	15	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
16	0,0007	0,0004	0,0002	0,0002	16	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
17	0,0006	0,0003	0,0002	0,0002	17	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
18	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	18	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
19	0,0005	0,0002	0,0002	0,0001	19	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
20	0,0005	0,0002	0,0002	0,0001	20	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000

Таблица 2

Время работы вооружения долот в зависимости от параметров n и G .

G, т	При $n=50$ об/мин	При $n=100$ об/мин	При $n=150$ об/мин	При $n=200$ об/мин
1	0,2000	0,1000	0,0667	0,0500
2	0,0500	0,0250	0,0167	0,0125
3	0,0222	0,0111	0,0074	0,0056
4	0,0125	0,0063	0,0042	0,0031
5	0,0080	0,0040	0,0027	0,0020
6	0,0056	0,0028	0,0019	0,0014
7	0,0041	0,0020	0,0014	0,0010
8	0,0031	0,0016	0,0010	0,0008
9	0,0025	0,0012	0,0008	0,0006
10	0,0020	0,0010	0,0007	0,0005
11	0,0017	0,0008	0,0006	0,0004
12	0,0014	0,0007	0,0005	0,0003
13	0,0012	0,0006	0,0004	0,0003
14	0,0010	0,0005	0,0003	0,0003
15	0,0009	0,0004	0,0003	0,0002
16	0,0008	0,0004	0,0003	0,0002
17	0,0007	0,0003	0,0002	0,0002
18	0,0006	0,0003	0,0002	0,0002
19	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001
20	0,0005	0,0003	0,0002	0,0001

Из таблицы данных очевидно, что увеличение значения параметра n (скорости вращения) сопровождается снижением времени работы долота. Это может негативно сказаться на общей надежности, как указано в формуле (2). При этом стоит отметить, что роторное бурение с низкими частотами вращения (20-80 оборотов в минуту) и высокими крутящими моментами (150-500 кН/м) может обеспечивать более эффективное разрушение различных типов горных пород осадочных образований, используя разные виды долот, включая лопастные и алмазные.

Снижение частоты вращения (n), однако, должно сопровождаться увеличением передаваемого на долото крутящего момента (M). При таком условии бурение становится наиболее эффективным в режиме с низкой частотой вращения и повышенной осевой нагрузкой на долото. При увеличении отношения M/n существенно снижается энергозатратность процесса разрушения пород. Низкочастотное бурение также целесообразно, так как существуют стойкие долота с герметизированными опорами, разработанные специально для этого режима. Все это способствует повышению производительности и продолжительности службы долота.

Следовательно, при использовании низкочастотного бурения важно обратить внимание на другие управляемые параметры, которые необходимо корректировать в соответствии с зависимостью, описанной в формуле механической скорости бурения $M=f(n, Nd, m)$). Чтобы обеспечить соответствующую осевую нагрузку и гидравлическую мощность, необходимо подбирать соответствующее оборудование.

Все эти меры, примененные в комплексе, способствуют увеличению времени работы долота, а следовательно, и увеличению средней наработки до отказа (Тср). Это, в свою очередь, напрямую влияет на повышение вероятности безотказной работы долота, которая рассчитывается по формуле (2).

1. Авербух Б.А. Ремонт и монтаж бурового и нефтегазопромыслового оборудования. – М. -: Недра, 1976. - С. 23.
2. Симисинов Д.И. Исследование и выбор технологических методов повышения надежности шарошечных долот: дис. канд. техн. наук. - Екатеринбург, 2004. – С. 31-34.

Гиматова С.С., Буданов Б.В.

Самые опасные аварии Белоярской Атомной электростанции

*Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-394

Аннотация

Риск возникновения чрезвычайных ситуаций на ядерных электростанциях велик, он может понести за собой, как материальные потери, так и привести к человеческим жертвам. Для уменьшения последствий возможных аварийных ситуаций в данной статье рассматриваются мероприятия по действиям персонала и гражданского населения.

Ключевые слова: Белоярская Атомная электростанция, авария, чрезвычайная ситуация.

Abstract

The risk of emergency situations at nuclear power plants is great; it can entail both material losses and lead to human casualties. To reduce the consequences of possible emergency situations, this article discusses measures taken by the actions of personnel and the civilian population.

Keywords: Beloyarsk nuclear power plant, accident, emergency.

Белоярская АЭС, первая в Советском Союзе станция ядерной энергетики, приобрела всемирную известность благодаря успешной эксплуатации ее реакторов на быстрых нейтронах. Названная в честь знаменитого Игоря Васильевича Курчатова, она расположена в Свердловской области, в 3,5 км от города Заречный и в 45 км от Екатеринбурга. В 1964 году в эксплуатацию были введены первые два ее реактора, что означает, что она начала свою работу раньше атомной электростанции в Чернобыле на 13 лет. За 52 года на Белоярской АЭС произошло около 27 аварий - пожаров, нештатных ситуаций и нарушений работы системы. Из них шесть случаев могли поставить жителей на грань "жизни или смерти".

1. Первая авария могла произойти на кануне нового года, 30 декабря 1978 года. Только чудом удалось избежать страшной трагедии. Крыша машинного зала не выдержала экстремального перепада температур: на улице царил жуткий мороз -50 градусов, внутри помещения же столбик термометра поднимался до отметки +50 градусов. Балки обвалились на работающую турбину первого энергоблока. В результате повреждения паропровода произошел пожар в маслобаке, который с быстрой скоростью распространился по кабельному тоннелю. Рядом с турбиной находились баллоны охлаждения водородом. Если бы авария привела к их взрыву, то последствия были бы катастрофическими. В момент аварии в турбинном зале не было людей, но восемь человек получили переоблучение при подаче охлаждающей воды в реактор.
2. Зимой 1987 года, вскоре после первой аварии, произошло еще одно крупное ЧС с утечкой радиоактивного натрия из реактора. По причинам, неизвестным до конца, температура в зоне реактора превысила норму, что привело к

разрушению оболочек ячеек с ядерным топливом. ЧП сопровождалось пожаром и разливом тонн радиоактивного натрия. Эта авария считается самой страшной в истории Белоярской АЭС и была классифицирована как четвертая степень опасности в Международной шкале ядерных событий.

3. Белоярская АЭС испытала и другие катастрофические события. Спустя пять лет после крупной аварии в 1992 году, из-за халатности персонала на станции по перекачке жидких радиоактивных отходов, затопило помещение по обслуживанию насосов. При этом в Белоярское водохранилище вытекли порядка пятнадцати кубометров радиоактивных отходов. Данная авария была классифицирована как третий уровень по Международной шкале опасности.
4. В 1993 году, через год после предыдущего происшествия, на третьем энергоблоке Белоярской АЭС произошла авария, в результате которой реактор автоматически отключился. Возник пожар и произошла утечка теплоносителя во вспомогательную систему.
5. Череду катастроф продолжила утечка натрия из второго контура реактора в 1994 году. Возникший пожар удалось потушить. После происшествия реактор был остановлен и находился в ремонте в течение длительного времени.
6. 9 сентября 2000 года, в течение трех часов, в окружающую среду происходил выброс радиоактивных паров. Произошел отказ системы аварийного охлаждения третьего контура, где находится пар с высокой температурой и давлением. Система охлаждения начала работать на аварийном дизельном топливе, но, если бы она не включилась, это привело бы к разгерметизации топливных сборок и серьезным последствиям.

Причинами возникновения аварийных ситуаций являются:

- несоблюдение мер по правилам безопасной эксплуатации объекта, а также работы с источниками ионизирующего излучения;
- невыполнение инструкции по правилам транспортировки источников радиоактивности;
- несоблюдение герметичности оболочек из-за перегрева или механических повреждений.

Для снижения вероятности возникновения ЧС, оповещение населения о случившихся авариях, уменьшение ущерба от последствий катастроф, созданы предварительные мероприятия:

1. Анализ и предупреждение ЧС;
2. Целесообразное размещение сил производства и населения на территории РФ;
3. Устранение в допустимых предельных значениях неблагоприятных природных явлений, а также процессов путём постоянного снижения разрушительного потенциала, который накопился;
4. Усовершенствование оборудования, который увеличит технологическую безопасность.
5. Осуществление и формирование инженерно-технических мероприятий, которые направлены на устранение появления очагов чрезвычайных ситуаций, ликвидацию данных очагов, защиту населения и материальных ценностей.
6. Надзор и контроль со стороны государства;
7. Подготовка производственного персонала и специализация дисциплины, такой как, технологическая и трудовая, а также организация систем жизнеобеспечения к работе в чрезвычайных ситуациях; документов промышленной безопасности.

Не допустить возможности возникновения чрезвычайные ситуации как техногенного и природного характера нельзя, но значительно сократить ущерб, уменьшить масштабность и смягчить последствия этих ЧС возможно.

Предварительный прогноз и оценивание возможных производственных аварий, верные и решительные действия в условиях чрезвычайных ситуациях, а также при ликвидации последствий аварий - и есть необходимые условия обеспечения безопасности населения.

1. Федеральный закон "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" от 21.12.1994 N 68-ФЗ (последняя редакция)
2. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: [Электронный ресурс] URL: <https://www.mchs.gov.ru/>

Гусарова О.Ф., Синицын С.А., Шумейко Г.С.

Расчет на прочность стыковых швов легких листовых обводов и нагруженных сварных конструкций отраслевого назначения

*Российского университета транспорта
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-395

Аннотация

Преимущества сварных соединений перед клепаными неоспоримы при создании плавных аэродинамических обводов и оболочек во многих современных отраслях, таких как: автомобилестроение, авиация, космонавтика. Технология стыковых швов также применяется в конструкциях различных нагруженных элементов в строительстве и машиностроении, поскольку обеспечивает достаточно высокий уровень прочности изделий при относительно низкой стоимости самой технологической операции. Создание сборных обтекаемых оболочек связано с соединением отдельных листов сварными стыковыми швами различных типов с последующей обработкой места соединения. Каждый тип шва обеспечивает некоторую прочность, которую необходимо уметь рассчитывать при конструировании изделия. Раньше было принято увеличивать прочность стыковых швов за счет наплывов, которые по современным технологическим требованиям не рекомендованы к применению в стыковых конструкциях и неприемлемы при создании плавных обводов. Конструктивные швы необходимо заранее рассчитывать на прочность. Один из методов расчета на прочность современных стыковых швов без наплывов рассмотрен в этой статье.

Ключевые слова: сварные соединения, стыковые швы, расчет на прочность, наплывные швы, допускаемые напряжения, длина шва, кромка шва, нагружение фланговых швов, касательные напряжения.

Abstract

The advantages of welded joints over riveted ones are undeniable when creating smooth aerodynamic contours and shells in many modern industries, such as automotive, aviation, and astronautics. Butt weld technology is also used in the designs of various loaded elements in construction and mechanical engineering, since it provides a fairly high level of product strength at a relatively low cost of the technological operation itself. The creation of prefabricated streamlined shells involves joining individual sheets using butt welds of various types, followed by processing of the joint. Each type of seam provides some strength, which must be calculated when designing a product. Previously, it was customary to increase the strength of butt welds due to beads, which, according to modern technological requirements, are not recommended for use in butt structures and are unacceptable when creating smooth contours. Structural seams must be calculated in advance for strength. One of the methods for calculating the strength of modern butt welds without sagging is discussed in this article.

Keywords: welded joints, butt welds, strength calculations, expansion joints, permissible stresses, weld length, weld edge, loading of flank welds, tangential stresses.

По современным технологическим требованиям лучшими формами стыкового шва считаются швы без наплывов или с наплывами не более 1,5 мм при толщине соединяемых листов $S = 1 \div 2$ мм [1,с.93]. Такая норма установлена для каждой толщины листа.

Все стыковые швы рассчитываются на прочность по уравнению:

$$\sigma_p = \frac{P}{sl} \leq [\sigma_p] \quad (1)$$

или

$$\sigma_{сж} = \frac{p}{sl} \leq [\sigma_{сж}], \quad (2)$$

где p – внешняя нагрузка, приложенная к шву, в кг;

s – толщина свариваемых элементов в см;

l – длина шва в см;

$[\sigma_p]$ и $[\sigma_{сж}]$ – допускаемые напряжения на растяжение или сжатие для материала шва в кг/см².

С точки зрения технологов ранее считалось, что некоторый непровар в начале и в конце шва уменьшает его прочность и что это надо компенсировать утолщением самого шва, то есть делать его с наплывом, увеличивая параметр h , рис.1. Как уже говорилось, в настоящее время такой шов считается неприемлемым, так как в местах перехода от шва к основному металлу создается концентрация напряжений [2,с.91]. По современным нормам допускается небольшой наплыв, величина которого была обозначена выше.

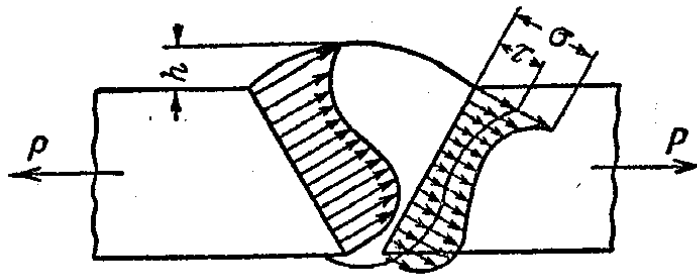


Рисунок 1. Схема распределения напряжений при формировании наплыва.

Если внешняя нагрузка P известна, то при заданной толщине длина шва определяется по формуле:

$$l = \frac{P}{s[\sigma_p]} \quad \text{или} \quad l = \frac{P}{s[\sigma_{сж}]} \quad (3)$$

Стыковыми швами часто соединяются детали, нагруженные изгибающим моментом (рис.2).

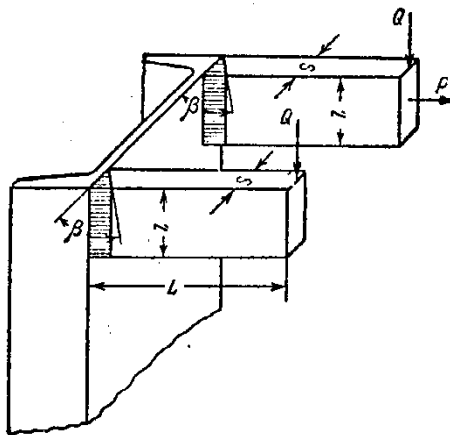


Рисунок 2. Схема стыкового шва под действием изгибающего момента.

В этом случае кромка привариваемой детали скашивается под углом
 $\beta = 500 \pm 50$.

Уравнение для проверки прочности соединения имеет вид:

$$\sigma_{из} = \frac{M_{из}}{W_{из}} \cdot (4)$$

Если известны s, l, L, Q , то:

$$\sigma = \frac{6QL}{l^2 s} \leq [\sigma'_{из}] = [\sigma_p]. (5)$$

Длина шва определяется по формуле:

$$l = \sqrt{\frac{6QL}{s[\sigma_{из}]}} \cdot (6)$$

Если элемент нагружен еще и растягивающей силой P , то при известных размерах нормальные напряжения определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{6QL}{sl^2} + \frac{P}{sl} \leq [\sigma_p]. (7)$$

На рис.3а,б представлены соединения внахлестку с односторонним и двухсторонним швами.

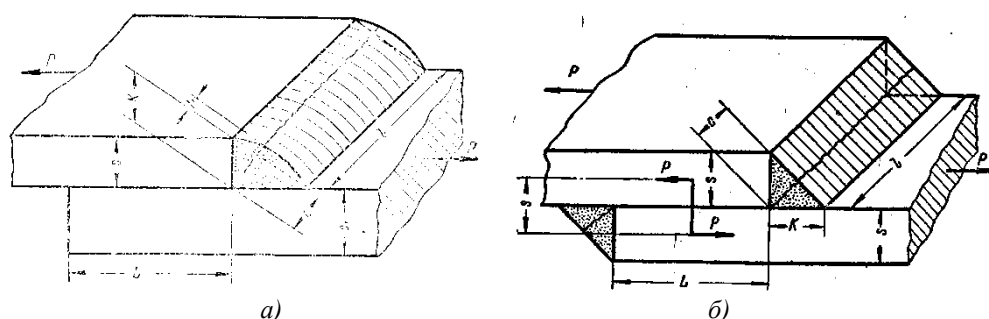


Рисунок 3. Варианты формирования валиковых швов соединений внахлестку

Валиковые швы, расположенные по торцам соединяемых деталей, могут быть обработаны, как это показано на рис.3,б. Обработанные швы в сечении имеют форму треугольника, при этом кромки деталей не требуют скоса [3,с.74]. Наплыв h (рис.3,а) может быть различной величины и в расчет не принимается.

За основное расчетное сечение принимается площадь:

$$F = cl.$$

Опасными напряжениями для лобовых швов считаются касательные напряжения с расчетным уравнением:

$$\tau_{ср} = \frac{P}{2cl} \leq [\tau_{ср}], (8)$$

где c – высота треугольника, определяемая по чертежу или простым расчетом.

При равнобедренном треугольнике шва (рис.3,б) $K = S$. Тогда высота C определяется по формуле:

$$c = K \cos 45^\circ = s \cos 45^\circ = 0,7s. (9)$$

Следовательно,

$$\tau_{ср} = \frac{P}{2 \cdot 0,7sl} = \frac{P}{1,4sl} \leq [\tau_{ср}]. (10)$$

По уравнению (10) можно определить длину шва l .

Задаваясь величиной $[\tau_{ср}]$ можно определить длину l шва.

Полученные уравнения не учитывают напряжений, возникающих от изгиба моментом:

$$M_{из} = Ps.$$

Однако при перекрытии $L \geq 2S$ эти напряжения столь малы, что ими можно пренебречь.

В боковых валиковых швах (рис.4) увеличение длины шва свыше некоторого предела не увеличивает его прочности [4,с.56]. Поэтому максимальная длина l должна быть равна $50 \div 60 K$, (K – катет шва).

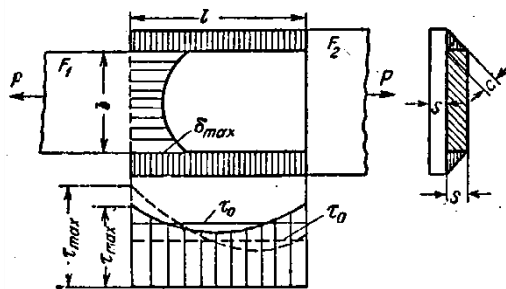


Рисунок 4. Схема распределения напряжений при нагружении флангового шва.

Минимальная длина флангового шва, как и лобового, - 40 мм.

1. Панченко В.А., Дубровин В.С. Механика, теоретическая механика, техническая механика, РУТ, Москва, 2018, 192с.
2. Сеницын С.А. Модульная технология изготовления зубчатых колес наружных редукторов транспортных машин // Оригинальные исследования. 2021. Т.11. №9. С.90-94

Егорова Е.С.

Анализ приложений для отслеживания свободных мест на парковке

*Пензенский государственный технологический университет
(Россия, Пенза)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-396

Аннотация

В статье рассматриваются веб-приложения, позволяющие отслеживать свободные места на парковках города, особое внимание уделяя бесплатным. Проводятся результаты анализа действующих на российском рынке приложений, используя такие критерии как возможность отслеживать места в режиме реального времени, охват в России и виды парковок.

Ключевые слова: Веб-приложение, мобильное приложение, парковка, карта, режим реального времени.

Abstract

The article discusses web applications that allow you to track free parking spaces in the city, paying special attention to free ones. The results of an analysis of applications operating on the Russian market are carried out, using such criteria as the ability to track meta in real time, coverage in Russia and types of parking.

Keywords: Web application, mobile application, parking, map, real time.

В последние года все больше и больше людей пользуются личным автотранспортом, поэтому проблема парковки остается актуальной. Особенно четко она отражается в центральной части любого города, где найти парковочное место сразу по приезду невозможно ни в крупном, ни в среднестатистическом городе нашей страны. Одним из возможных путей решения этой проблемы является разработка веб-приложения, которое станет помощником для водителей в поиске свободных парковочных мест в городе, делая акцент на бесплатные парковки. Приложение предоставляет информацию о доступных парковочных местах в режиме реального времени (РРВ), что позволяет сократить время поиска парковки и снизить трафик на дорогах. Такое приложение должно помогать найти парковку как на платных, так и на бесплатных парковках города. Безусловно, такое решение имеет ряд преимуществ: во-первых, используя мобильное приложение водители могут быстро найти свободное место, что

сокращает время, затрачиваемое на поиск парковки; во-вторых, быстрый поиск парковочного места позволяет экономить топливо и уменьшает выбросы углекислого газа, что, в свою очередь, снижает загрязнение окружающей среды; в-третьих, использование приложения позволит улучшить городскую мобильность за счет сокращения числа машин, кружащих в поисках парковки. Помимо этого, использование приложения должно привести к частичному снижению пробок.

Анализ конкурентной среды показал, что на рынке присутствуют два типа приложений:

- для отслеживания свободных парковочных мест на платных стоянках, которые предоставляют информацию о доступных местах в реальном времени;
- для отслеживания бесплатных парковочных мест в городах, то есть те, которые не требуют оплаты, но это лишь сведения о бесплатных стоянках без возможности отслеживать свободные места в режиме реального времени.

В последнее время многие цифровые продукты перестали функционировать на территории России, поэтому был проведен анализ веб-приложений, представленных на российском рынке: Google Maps, Parkopedia, Yandex. Парковка, ParkApp, Парковки России, iParkU [1-4].

При проведении анализа использовались следующие критерии: отличительные особенности приложения, поиск парковочных мест в режиме реального времени, охват по России, виды парковок, присутствующих в приложении: платные или бесплатные. Результаты проведенного анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1

Анализ приложений для отслеживания парковочных мест.

Название	Описание	Особенности	РРВ	Охват в России	Виды парковок
Google Maps	Функция отслеживания парковочных мест на картах.	Не специализированное приложение.	+	+	Платные
Parkopedia	Предоставляет информацию о парковочных местах, включая бесплатные.	Пользователи могут фильтровать результаты, чтобы найти бесплатные места	-	+	Платные / бесплатные
Yandex. Парковка	Предоставляет информацию о свободных парковочных местах в городах России.	Позволяет найти ближайшие парковки, оценить стоимость, забронировать место и оплатить	+	+	Платные
ParkApp	Приложение для поиска и оплаты парковочных мест в городах России (только для владельцев iPhone)	Имеет алгоритм, который узнаёт о намерении водителя покинуть стоянку и сообщает об этом другим пользователям, находящимся поблизости	+/-	+	Бесплатные
iParkU	Коммуникационная площадка для поиска парковки	Позволяет взаимодействовать с другими водителями и парковаться на освободившиеся места (паркиеринг)	-/+	Москва	Бесплатные
Парковки России	Персональный мобильный паркомат для оплаты парковочных мест	Позволяет оплатить и продлить время парковки автомобиля	-	Москва и Санкт-Петербург	Платные

Рассмотренные приложения различаются по функциональности и доступности в разных регионах. Пользователи могут выбирать приложение в зависимости от своих потребностей и местоположения. Среди рассмотренных продуктов есть приложения для отслеживания бесплатных парковочных мест в городах. Однако, на текущий момент не известно конкретных приложений, специализированных исключительно на отслеживание свободных бесплатных парковочных мест в режиме реального времени. Многие приложения, такие как Parkopedia, SpotAngels и другие, предоставляют информацию о парковочных местах в целом, но не всегда отличают бесплатные от платных.

Таким образом, анализ существующих на IT-рынке приложений позволил определить необходимость разработки веб-приложения, предназначенного для оптимизации процесса использования парковочных пространств в городе, особенно бесплатных мест. Такой цифровой продукт должен состоять из четырех основных компонентов: мобильного приложения для водителей, веб-панели для администраторов, API для передачи данных и базы данных для хранения информации о доступных парковочных местах. Несмотря на некоммерческое использование этого приложения, он имеет место для существования в рамках программ «Умного города», особенно для городов с высоким туристическим потоком.

1. Google Карты. Результаты поиска парковок [Электронный ресурс]: – URL: <https://www.google.ru/maps/search/парковки/@53.1841823,45.0564651,13z/data=!3m1!4b1?entry=ttu>
2. Официальный сайт приложения «Parkopedia парковки» [Электронный ресурс]: – URL: <https://www.parkopedia.com/>
3. Яндекс.Парковки. Результаты поиска парковок [Электронный ресурс]: – URL: <https://yandex.ru/maps/49/penza/parking>
4. Официальный сайт приложения «Парковки России» [Электронный ресурс]: – URL: <https://parking.mos.ru/>.
5. Официальный сайт приложения «iParkU» [Электронный ресурс]: – URL: <https://iparku.ru/>.

Караваев А.И., Мельник В.В., Любская О.Г.
Становление системы обращения с отходами в России

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
 (Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-397

Аннотация

В статье рассматриваются ключевые этапы организации цикла обращения с отходами в нашей стране в исторической перспективе. Помимо этого, значительное внимание авторы уделяют научной проработанности различных аспектов исследуемой проблемы, включая нормативно-правовое регулирование и систему управления и совершенствования экономического механизма природопользования. В целях обеспечения экологической безопасности необходимо достижение баланса между неразрывно связанными частями: природной средой и все, что с ней связано, и системой обращения с отходами производства и потребления. Именно поэтому изучение данного вопроса является актуальным в настоящее время.

Ключевые слова: мусорные полигоны, снижение объема отходов, промышленная переработка, твердые коммунальные отходы (ТКО), государственное регулирование.

Abstract

The article examines the key stages of organizing the waste management cycle in our country from a historical perspective. In addition, the authors pay significant attention to the scientific elaboration of various aspects of the problem under study, including legal regulation and the system of management and improvement of the economic mechanism of environmental management. In order to

ensure environmental safety, it is necessary to achieve a balance between inextricably linked parts: the natural environment and everything connected with it, and the system for managing production and consumption waste. That is why the study of this issue is relevant at the present time.

Keywords: landfills, waste reduction, industrial recycling, municipal solid waste (MSW), government regulation.

Оборотной стороной научно-технического прогресса человечества является проблема загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления. В последние два десятилетия эта проблема проявляет себя очень остро, приближаясь к катастрофической, на всей территории нашей стране.

Тенденцией современного мироустройства является образование отходов в геометрической прогрессии, при этом лишь около 4 % из них отправляется на вторичную переработку, менее 3 % подвергается утилизации методом сжигания, остальные захораниваются на свалках и полигонах, при этом выбрасывая в атмосферу вредные вещества и опасные газы. Захороненные, а не переработанные отходы, содержащие большие фракции пластика, при разложении отравляют воду и почву, а мусорные полигоны становятся рассадниками грызунов – разносчиков опасных для человека болезней.

Площадь, занимаемая свалками, в России в 2020 году представляла собой около 5 млн гектар, что составляет территорию нескольких государств. Это гигантский объем земельных наделов, выведенных из обычной жизни, который не используется на благо граждан.

Порядок обращения с отходами производства и потребления является частью природоохранной политики России, основанной на принципах устойчивого развития. В последние годы на территории всей Российской Федерации начато развитие инфраструктуры объектов по обращению с отходами, поскольку уровень утилизации, переработки отходов и вовлечения их во вторичный оборот, а также использования отходов в качестве вторичных материальных и энергетических ресурсов в настоящее время очень низкий. При этом отмечен рост несанкционированных свалок. Все это негативно отражается на окружающей природной среде, что затрудняет соблюдение и защита конституционного права граждан на благоприятную окружающую среду.

В сложившейся за несколько десятков лет системе обращения с отходами в России основным способом утилизации отходов было их захоронение/либо сжигание, что приводит к загрязнению почв, выводу продуктивных сельскохозяйственных угодий из оборота, накоплению загрязняющих веществ в недрах водных объектах.

Ежегодно, согласно имеющимся на сегодняшний день официальными данными, в РФ каждый год образуется около 4,2 млрд тонн отходов производства и потребления, из которых 60- 62 млн тонн составляют твердые коммунальные отходы. Имеющиеся порядка 16 тысяч санкционированных объектов размещения отходов располагаются на 5 млн гектаров земель, ежегодно увеличивая свое присутствие на дополнительных 350-400 тыс. гектаров.

Все эти обстоятельства потребовали коренной перестройки системы обращения с отходами в виде применения технологий ресурсосбережения, обработки, утилизации и обезвреживания отходов.

Снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, связанную с отходами производства и жизнедеятельности, возможно при комплексном подходе. Он должен включать в себя объективную оценку и анализ состояния ее компонентов на урбанизированных территориях в каждом конкретном регионе страны; разработку единой комплексной стратегии снижения образования мусорных отходов; создание организационно-экономического механизма комплексного решения данной проблемы; внедрение малоотходных и безотходных технологий производственных циклов. Данные темы, являясь актуальными, требуют научного углубленного изучения.

Решение проблемы уменьшения количества получаемых и складированных отходов производства и потребления предполагает комплексный подход [1], который включает следующие меры:

- технологические – модернизация производств и/или создание новых экологически чистых, безотходных производств;
- экологические – разработка способов безопасной утилизации и обезвреживания отходов;
- экономические – разработка кластерной формы экономики, в которой создается технологическая цепочка производства продукции; отходы одного предприятия фактически являются наилучшим сырьем для другого предприятия, и отходы перерабатываются в нужную продукцию для другого предприятия;
- правовые.

Экологический адаптивный подход к организации предприятий по переработке отходов отражен в научных трудах ученых-экологов и землеустроителей, а именно Н.Н. Агапова, Н.Г. Конокотина, С.Н. Волкова, В.П. Троицкого, А.Н. Каштанова, Т.П. Федосеевой и других.

Промышленная переработка отходов в условиях техногенного загрязнения земель попала в сферу изучения научных работников лишь во второй половине 80-х годов XX в. Этим занимались В.А. Ефремычева, Г.В. Ломакина, А.В. Пронина, А.В. Хабарова, В.П. Чупахина и другие. Вопросам технологического и технического переоснащения отдельных видов производств посвящены работы в специализированных разделах, соответствующих тематике производства. Там же имеются результаты прикладных исследований систем обращения с отходами.

Научное юридическое изучение проблемы обращения с отходами в правовых исследованиях рассматривалось в работах ряда авторов, таких как Львович С. В. (2000 г.), Радчик О. Л. (2001 г.), Трофимец С. С. (2007 г.), вопросам государственного контроля в данной сфере – Енисейская Н.А. (2007 г.).

Отдельно следует выделить работу Бринчук М. М. (1991 г.), в которой впервые были заложены теоретические основы изучения правил обращения с опасными токсичными веществами. Значимость данного исследования состоит в том, что в данный период времени отсутствовало специальное законодательство, регулирующие эти вопросы.

Развитие тематики правового регулирования обращения с опасными отходами, а также радиоактивными отходами и отработавшими ядерными материалами в Российской Федерации продолжено в работах Гирусова Ф.Э. (2005 г.), Куклычев А.Ю. (2001 г.).

Важным аспектом является законодательное закрепление снижения отходов от природных и техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС), что подтверждается исследованием [2].

Оптимизации системы управления и совершенствования экономического механизма природопользования уделено внимание в работах Е. В. Зандер, И. П. Глазыриной, В. К. Резанова, Я. Я. Яндыганова, О. С. Шимовой и др.

Такие отечественные ученые, как Р. Г. Мамина, О. Е. Медведева, А. С. Тулупова и др., представили в своих работах решение проблем регулирования природопользования в сфере обращения с отходами производства и потребления.

Проблемы создания промышленных комплексов в масштабах нескольких регионов для совместной и взаимовыгодной организации процесса промышленной переработки твердых бытовых отходов нашли отражение и развитие в работе [3]. Автор изучил вопросы экономической обоснованности разделения затрат и представил современные модели формирования партнерства регионов, которые отражают синтез интересов этих субъектов мезо-экономических систем.

Научный взгляд на модернизацию обращения с отходами представлен в труде [4]. Автором представлен анализ нормативно-правовых документов, регламентирующих приоритеты государственной экологической политики РФ в области обращения с отходами, а также выявлена проблема нарушения прав граждан на благоприятную окружающую среду в ходе деятельности по обращению с отходами в крупных мегаполисах, таких, например, как Москва и Московская область.

Ученый затрагивает способы обеспечения высоких стандартов экологического благополучия населения в городских агломерациях и необходимость формирования цивилизованной, безопасной системы обращения с отходами, повышения доли обработки отходов с сегодняшних 7,5 % до 60 %, чтобы не накапливать новые миллионы тонн мусора.

Та система обращения с отходами производства и потребления, функционирующая на территории РФ с момента образования государства, потребовала коренного системного переустройства. Необходимость перехода от повсеместного захоронения к технологиям ресурсосбережения, обработки, утилизации и обезвреживания отходов как от жилого сектора, так и от промышленных предприятий продиктованы катастрофическим по масштабам негативным влиянием на окружающую природную среду и здоровье граждан нашей страны.

Российская Федерация отставала от мировых тенденций по рециклингу мусора ввиду отсутствия эффективно организованной системы отдельного сбора отходов, а также промышленных комплексов для последующей обработки, утилизации и обезвреживания отходов в промышленном масштабе с целью вовлечения утильных фракций в повторный хозяйственный оборот.

Основными направлениями в комплексе задач реформирования системы обращения с ТКО являются:

1. сокращение образования отходов;
2. создание инфраструктуры по сбору отходов для вторичной переработки, стимулирование использования вторичных ресурсов;
3. ограничение оборота неэкологичной упаковки;
4. создание системы прослеживаемости движения отходов;
5. экологическое просвещение (разъяснительная работа, пропагандирующая необходимость отдельного сбора самых разных видов мусора);
6. вовлечение в экологический мониторинг жителей своих административных округов и поселений;
7. активное привлечение инвесторов.

Важным аспектом функционирования всей комплексной системы обращения с ТКО является развитие информационной среды об экологических проблемах, мусорном следе, правильных способах сортировки отходов [5]. Это помогло бы привлечь граждан к достижению целей реформы. Для этого необходимо разработать технологию получения объективной информации о транспортировке и местах складирования ТКО с использованием современных средств навигации и интернет-технологий слежения.

В заключение следует отметить, что, несмотря на значительный объем проведенных исследований, касающихся различных аспектов обращения с отходами, многие вопросы практического плана разработаны недостаточно. К таким вопросам следует отнести распределение полномочий в управлении сферой обращения с отходами производства и потребления, использования моделей государственно-частного партнерства, а также развития инструментария управления промышленной утилизацией твердых бытовых отходов в мегаполисах и на прилегающих территориях, и другие. Это обуславливает необходимость дальнейшего более глубоко изучения данной темы.

1. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 N 89-ФЗ (с изм. и доп. вступил в силу 24.06.2020);
2. Шангаркина В.С. Анализ решения проблем утилизации твердых бытовых отходов за рубежом / В.С. Шангаркина, В.И. Волков // Евразийское научное объединение. – М.: Издательство: Орлов Максим Юрьевич. 2015. - №3. – С.91-94;
3. Федоров М.А. Разработка организационно-экономического механизма комплексного решения проблем промышленной переработки твердых бытовых отходов (на примере Московской области) Автореф. дисс. ... канд. эконом. наук. Москва, 2012 г.;
4. Пономарев М.В. Правовое регулирование охраны окружающей среды при обращении с отходами производства и потребления Автореф. дисс. ... канд. юр. наук. Москва, 2020 г.;
5. Томшин Е.А., Ширяева Е.А., Зязев Б. Ю., Любская О.Г. / Комплексная система по обращению с отходами в России// Тенденции развития науки и образования, № 69, январь 2021, с.125-128.

Карапетян М.А., Чепоров И.В.

Аутсорсинг обслуживания тракторов и автомобилей в сельском хозяйстве

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

doi: 10.18411/trnio-11-2023-398

Аннотация

Обслуживание и ремонт тракторов и автомобилей играет решающую роль в успешном сельскохозяйственном производстве. В статье рассматривается аутсорсинг технического обслуживания тяжелых транспортных средств с межорганизационной точки зрения. Проводится аналогия между аутсорсингом технического обслуживания сельскохозяйственной техники и деятельностью машинно-тракторных станций в России.

Ключевые слова: аутсорсинг технического обслуживания сельскохозяйственной техники, машинно-тракторные станции.

Abstract

Maintenance and repair of tractors and vehicles plays a critical role in successful agricultural production. In the article, the maintenance outsourcing solution considers the use of funds from an inter-organizational perspective. An analogy is drawn between the outsourcing of technical maintenance of agricultural machinery and the field of machine and tractor work in the Russia.

Keywords: outsourcing of maintenance of agricultural machinery, machine-tractor stations.

Введение

Аутсорсинг логистических и транспортных услуг является распространенным явлением в экономике (см. например, Гааде и Халтен [1]). Вместо выполнения задач внутри компании грузоотправители, то есть покупатели или поставщики товаров, приобретают услуги, включающие, например, складирование и транспортировку. Аналогичным образом, транспортные компании или перевозчики, эксплуатирующие транспортные средства, используемые для перевозки, часто передают части или весь объем технического обслуживания транспортных средств на аутсорсинг.

Техническое обслуживание тяжелых транспортных средств включает в себя профилактическое обслуживание (ПО), также называемое сервисным обслуживанием, и корректирующее обслуживание (СО) или ремонт (например, Мёрфи и др. [2]; Басри и др. [3]).

Техническое обслуживание автотранспортных средств прочно основано на технических характеристиках транспортного средства, и сельскохозяйственная отрасль по-прежнему уделяет большое внимание профилактическому техническому обслуживанию, основанному на интервалах технического обслуживания (Мёрти и др. [2]). Однако практику больше усложняет то, что решения, предлагаемые поставщиком услуг по техническому обслуживанию, должны учитывать не только чисто технические аспекты обслуживаемого актива. Решения по техническому обслуживанию должны разрабатываться с использованием «подхода, ориентированного на ценность» (АлиМарттила и др. [4]), которая учитывает операционные и бизнес-потребности покупателя. Таким образом, с одной стороны, фирмы, передающие техническое обслуживание на аутсорсинг, должны формировать свои решения об аутсорсинге в соответствии со своей операционной стратегией (Малей и др. [5]), а с другой стороны, поставщики решений по техническому обслуживанию должны разрабатывать свои предложения в соответствии с потребностями каждого отдельного клиента.

Отражая сетевую структуру транспортной отрасли, можно утверждать, что ценность следует рассматривать с межорганизационной точки зрения (Ла Рокка и Снехота [6]). Ценность может по-разному восприниматься поставщиками, покупателями и другими заинтересованными участниками бизнес-сети.

Более того, поскольку потребности компаний со временем меняются, воспринимаемая ценность решения также может меняться в зависимости от меняющегося контекста. Кроме того, производители с глобальным присутствием также должны решать проблемы, вытекающие из этих предварительных условий; ожидания и потребности, характеризующие каждый местный рынок, могут различаться.

Решение по техническому обслуживанию, разработанное для клиентов на европейском рынке, может быть по-разному оценено, например, клиентами в США, Китае или России. Таким образом, ожидания и движущие силы цены решений по техническому обслуживанию становятся тесно переплетенными с сетью предприятий сельскохозяйственной отрасли на местном рынке.

Следует отметить, что аутсорсинг сельскохозяйственной техники перекликается с идеей создания машинно-тракторных станций, которая уходит корнями в отечественную историю сельского хозяйства. Сейчас такие проекты активно развиваются в странах Евросоюза, где машинно-тракторными станциями (МТС) или машинно-технологическими компаниями (МТК) официально называют «контракторов» или подрядчиков. Их клиентам и партнёрам не нужно замораживать средства на приобретение и обслуживание техники, им предоставляются все возможности для решения агротехнических задач.

В этой работе применяется межорганизационный взгляд на аутсорсинг технического обслуживания тяжелых транспортных средств в условиях сельского хозяйства. В статье определяются некоторые ключевые последствия, вытекающие из сетевого контекста, уделяя особое внимание диаде покупатель-поставщик.

Основная часть

Аутсорсинг рассматривается как ключевая тенденция бизнеса и распространен как в производстве (например, Кайпия и Туркулайнен [7]), так и в логистике и транспорте (например, Гааде и Халтен [1]). Среди причин, аутсорсинга, Кайпия и Туркулайнен [7] указывают на специализацию, сосредоточение внимания на основных компетенциях и высвобождении капитала. Кроме того, Мэйли и др. [5] утверждают, что основными движущими силами аутсорсинга являются стремление к экономии средств и предполагаемому финансовому преимуществу, в то время как Мёрфи и др. [8] также указывают на возможность устранения необходимости в работе собственных специалистов и специальных инструментах, которые в противном случае необходимо.

Аутсорсинг также находится в центре внимания многих фирм в области технического обслуживания. Уже в 1995 году Кэмпбелл [9, с. 19] утверждал, что «деятельность по техническому обслуживанию является хорошим кандидатом на аутсорсинг» благодаря тому, что деятельность обычно носит рутинный характер, четко очерчена, измерима и ею можно управлять на расстоянии вытянутой руки. Однако точка зрения Кэмпбелла [9], похоже, отражает прежний взгляд на техническое обслуживание, когда «техническое обслуживание было не чем иным, как неизбежной частью производства» и «необходимым злом» (Пинтелон и Пароди-Герц [10, с. 26]). В дополнение к этой точке зрения, ориентированной на затраты, Мэйли и др. [5], например, утверждают, что «затраты на техническое обслуживание составляют значительную часть операционных расходов во многих капиталоемких отраслях, и поэтому неудивительно, что компании ориентируются на техническое обслуживание ради неотложной экономии затрат». [5, с. 275]. В том же духе Мёрти и др. [8] утверждают, что техническое обслуживание традиционно выполнялось владельцем актива собственными силами, но «за последние несколько десятилетий наблюдается растущая тенденция к передаче технического обслуживания на аутсорсинг, при котором часть или все техническое обслуживание выполняется внешним сервисным агентом по договору технического обслуживания (MSC)» [8, с. 100].

Для производителя грузовых автомобилей, предлагающих решения по техническому обслуживанию в форме контрактов на техническое обслуживание, часто подразумевается сосредоточение внимания на внутренней эффективности. Олива и Калленберг [11] объясняют, что «переход к контрактам на техническое обслуживание часто вызван желанием более

эффективно использовать уже установленную сервисную организацию. Для поставщика услуг после создания обслуживающей организации затраты становятся фиксированными, а основным фактором прибыльности является загрузка мощностей» [11, с. 168]. Следовательно, для основного производителя заключение контрактов на техническое обслуживание может привести к повышению эффективности и снижению затрат. Однако, как отмечают Стремерш и др. [12]: «Промышленные потребители оценивают ценность продукта или услуги, а не только их цену. Следовательно, компании будут оценивать контракты на техническое обслуживание не только по их (техническим) затратам, но и по всему ценностному предложению» [12, с. 6]. Поэтому, предлагая решения по техническому обслуживанию в рамках контракта на техническое обслуживание, основные производители должны подчеркивать ценность для клиентов, а не только сосредотачиваться на внутренних затратах и средствах достижения внутренней эффективности. В том же духе Туосси и др. [13] указывают на важность того, чтобы поставщики понимали ценность использования предлагаемых решений по техническому обслуживанию, и утверждают, что «ценность использования необходимо оценивать таким образом, чтобы ее можно было использовать в качестве входных данных для проектирования и улучшения дополнительных услуг для повышения удовлетворенности клиентов» [13, с. 350].

Али-Марттила и др. [4] утверждают, что фирмы перешли к более ориентированному бизнес-подходу, и недавно утверждали, что «управление техническим обслуживанием перешло от подхода, ориентированного на затраты, к более ценностно-ориентированной перспективе» [4, с. 144]. Более того, они утверждают, что «аспект обслуживания теперь является обычной частью технического обслуживания» [4, с. 144]. Таким образом, техническое обслуживание хорошо согласуется с тенденцией, так называемой «сервитизации», которая применяется во многих отраслях (Вандермерве и Рада [14]). С помощью сервитизации производители стремятся усилить свое предложение и конкурентоспособность за счет добавления услуг к своей продукции. Техническое обслуживание относится к группе услуг, ориентированных на продукт, в которой продукты продолжают составлять основное предложение. Техническое обслуживание, а также другие услуги оказались сильным и стабильным источником дохода для компаний с постоянным персоналом.

Несмотря на то, что некоторые исследователи подчеркивают ценность и стратегическую важность технического обслуживания, а производители тяжелых грузовых автомобилей расширяют свои предложения по техническому обслуживанию и применяют стратегии сервитизации, транспортная отрасль, похоже, находится в том же состоянии, что и многие другие отрасли. Мёрти и др. [2] объясняет, что «[в] большинстве предприятий техническое обслуживание рассматривается как непрофильная деятельность, и основное внимание уделяется полной передаче его на аутсорсинг» [2, с. 297].

Таким образом, представляется, что сельскохозяйственные предприятия выиграют от более четкого понимания стоимости, а также затрат на техническое обслуживание. Более того, затраты, возникающие из-за отсутствия технического обслуживания или некачественного выполнения технического обслуживания, следует рассматривать в соотношении с фактической стоимостью проведения такого обслуживания. Мёрти и др. [2] подсчитали, что ежегодные затраты на техническое обслуживание в расчете на общие эксплуатационные расходы составляют примерно 20–30% для транспортной отрасли, тогда как «косвенные затраты, возникающие из-за задержки доставки, недовольства клиентов, ведущих к потере репутации и клиентов, намного выше» [2, с. 288].

Выводы

Таким образом, техническое обслуживание следует рассматривать с более широкой точки зрения, учитывающей затраты и выгоды для всех вовлеченных заинтересованных сторон, включая поставщиков транспортных услуг и покупателей транспортных услуг, а также использовать опыт работы отечественных МТС.

1. Gadde, Lars-Erik and Kajsa Hulthén (2009), "Improving logistics outsourcing through increasing buyer-provider interaction," *Industrial Marketing Management*, 38 (6), 633-40.

2. Murthy, D. N. P., A. Atrens, and J. A. Eccleston (2002), "Strategic maintenance management," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8 (4), 287-305.
3. Basri, Ernie Illyani, Izatul Hamimi Abdul Razak, Hasnida Ab-Samat, and Shahrul Kamaruddin (2017), "Preventive maintenance (PM) planning: a review," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 23 (2), 114-43.
4. Ali-Marttila, Maaren, Salla Marttonen-Arola, Timo Kärri, Olli Pekkarinen, and Minna Saunila (2017), "Understand what your maintenance service partners value," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 23 (2), 144-64.
5. Maley, Jane F., Christian Kowalkowski, Staffan Brege, and Sergio Biggemann (2015), "Outsourcing maintenance in complex process industries," *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 27 (5), 801-25.
6. La Rocca, Antonella and Ivan Snehota (2014), "Value creation and organisational practices at firm boundaries," *Management Decision*, 52 (1), 2-17.
7. Kaipia, Riikka and Virpi Turkulainen (2017), "Managing integration in outsourcing relationships — The influence of cost and quality priorities," *Industrial Marketing Management*, 61, 114-29.
8. Murthy, D. N. P., M. R. Karim, and A. Ahmadi (2015), "Data management in maintenance outsourcing," *Reliability Engineering & System Safety*, 142 (Journal Article), 100-10.
9. Campbell, John D. (1995), "Outsourcing in maintenance management: A valid alternative to selfprovision," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1 (3), 18-24.
10. Pintelon, Liliane and Alejandro Parodi-Herz (2008), "Maintenance: An Evolutionary Perspective," in *Complex System Maintenance Handbook*, D. N. P. Murthy and K. A. H. Kobayashi, eds. London: Springer London.
11. Oliva, Rogelio and Robert Kallenberg (2003), "Managing the transition from products to services," *International Journal of Service Industry Management*, 14 (2), 160-72.
12. Stremersch, Stefan, Stefan Wuyts, and Ruud T. Frambach (2001), "The Purchasing of Full-Service Contracts," *Industrial Marketing Management*, 30 (1), 1-.
13. Toossi, Amir, Helen Louise Lockett, Jawwad Z. Raja, and Veronica Martinez (2013), "Assessing the value dimensions of outsourced maintenance services," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19 (4), 348-63.
14. Vandermerwe, Sandra and Juan Rada (1988), "Servitization of business: Adding value by adding services," *European Management Journal*, 6 (4), 314-24.

Комарова П.А.

Интеграция данных и многовариантный анализ в нефтегазовой индустрии

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-399

Аннотация

В статье описывается процесс разработки новой технологии, включая выбор и обработку сейсмических данных, применение современных алгоритмов обработки информации и создание моделей прогнозирования.

Ключевые слова: сейсмические данные, многовариантный прогноз, нефтегазовая месторожденность, инновационная технология, моделирование.

Abstract

The article describes the process of developing a new technology, including the selection and processing of seismic data, the use of modern information processing algorithms and the creation of forecasting models.

Keywords: seismic data, multivariate forecast, oil and gas deposits, innovative technology, modeling.

Нефтегазовая промышленность всегда искала новые методы и технологии для более точного прогноза месторождений и оптимизации процессов добычи. Среди ключевых инструментов для предсказания нефтегазоносных зон сейсмические данные занимают важное место. Но для улучшения точности и эффективности прогнозирования необходимы новые методы. Сейсмические исследования широко используются в нефтегазовой индустрии для обнаружения и оценки месторождений. Эти данные предоставляют информацию о структуре земной коры и подземных образованиях, что позволяет геологам и инженерам строить модели месторождений и оптимизировать процессы добычи. Однако, научные исследования и практический опыт показывают, что сейсмические данные имеют ограничения в

прогнозировании точного месторасположения и объема нефтегазовых запасов. В связи с этим возникла потребность в разработке более точных и надежных методов.

Многовариантный анализ является методом статистического анализа, который позволяет исследовать взаимосвязи между множеством переменных. В нефтегазовой индустрии это имеет особое значение, так как множество факторов влияет на решения и результаты. Применение многовариантного анализа в нефтегазовой индустрии включает в себя следующие аспекты:

1. Анализ множества переменных, таких как экономические показатели, политическая стабильность и производственные объемы, позволяет предсказывать ценовую динамику и принимать обоснованные решения в планировании добычи и сбыта.
2. Многовариантный анализ позволяет исследовать влияние различных факторов на производственные процессы, что может привести к более эффективной добыче и обработке сырья.
3. Интеграция данных о финансовых показателях, технических параметрах и географических особенностях позволяет более точно оценить риски и разработать стратегии их управления.
4. Многовариантный анализ данных о геологии, гидродинамике и экономических параметрах помогает определить наиболее перспективные места для разработки новых месторождений.

Многовариантный прогноз нефтегазоносности основывается на идее, что разные аспекты сейсмических данных могут давать разные представления о подземных образованиях. Такие аспекты могут включать в себя различные частоты, углы наклона, глубины и другие параметры сейсмических сигналов. Разработка технологии многовариантного прогноза позволяет учесть все эти аспекты и создать более надежные прогнозы. Данная работа охватывает результаты обобщения данных для различных горизонтов (S, IK, II, IK, III, III) в южной части Пермского края, в пределах Башкирского свода и Бымско-Кунгурской моноклинали. Площадь обобщения составляет 7 777 км². С использованием собранных данных была построена трехмерная структурная модель горизонтов этого региона. Структуры разного порядка были выделены на основе тренд-анализа. Для каждой структуры были определены региональные, зональные и локальные составляющие. Для дополнительного описания морфологии этих составляющих были рассчитаны атрибуты кривизны поверхности (Dip) и азимутов углов наклона (Az). Такие атрибуты могут использоваться для локализации зон разрывных нарушений.

Произведенный анализ подтвердил тесную взаимосвязь между атрибутами локальной составляющей и исходными данными горизонтов. Были также рассчитаны коэффициенты корреляции между различными составляющими обобщенных данных. Заметно, что коэффициенты корреляции варьируются в зависимости от типа атрибутов и геологических интервалов. Особенно высокая корреляция наблюдается между локальными составляющими, связанными с интервалами S и IK.

Исследование также выявило взаимосвязи между толщинами горизонтов и атрибутами их морфологии. Например, наблюдается отрицательная корреляция между толщинами III и III и другими интервалами. Это объясняется особенностями процессов седиментации и рифообразования на данной территории. Также заметно влияние тектонических процессов на корреляцию между разными интервалами. Для дальнейшего изучения взаимосвязи морфологических характеристик с наличием нефтегазовых залежей был выполнен анализ данных, включающий группирование структур по объектам геологического интереса (ОГ). Эти объекты были разделены на три группы: первая группа включала структуры с подтвержденной нефтегазоносностью на основе результатов бурения, вторая группа – структуры без подтвержденной нефтегазоносности, и третья группа – структуры, для которых требуется провести прогноз наличия углеводородов. Дополнительно, была выполнена группировка с учетом наличия 2D или 3D сейсморазведки, а также учетом нефтегазоносности отдельных

отложений. С помощью ранее разработанного метода подготовки перспективных структур, структуры были автоматически локализованы на анализируемой площади для каждого ОГ.

Для более полного описания структур сложной формы были выведены специальные морфологические параметры, включая площадь локализованных структур (P1), значения отражающих горизонтов (OG), максимальные значения отражающих горизонтов для локальной, зональной и региональной составляющих (OG_l, OG_z, OG_r). Были также рассчитаны параметры, связанные с амплитудами и интенсивностью аномалий, азимутами углов наклона и кривизной поверхности. Для учета анизотропии структур были разработаны параметры азимутальной анизотропии относительно радиуса и диаметра.

Анализ показал, что определенные морфологические параметры оказывают значительное влияние на прогноз нефтегазоносности. Было выделено 20 локальных, 3 зональных, 3 региональных и 4 тектонических показателя. С использованием критериев Фишера и Стьюдента были определены наиболее информативные параметры для прогноза. Важность этих параметров различается в зависимости от метода сейсморазведки (2D или 3D). Для прогноза наличия нефтегазовых залежей с учетом морфологических показателей был применен пошаговый линейный дискриминантный анализ (ПЛДА). В результате этого анализа для каждой выборки данных были получены линейные дискриминантные функции (ЛДФ), которые позволяют оценивать потенциал углеводородных залежей на основе морфологических характеристик структур. Итоговое множество ЛДФ содержит информацию о прогнозе нефтегазоносности структур для различных методов сейсморазведки. Эти результаты предоставляют более полное представление о возможностях прогноза наличия углеводородов на основе морфологических данных. Из 370 локализованных объектов, 147 объектов имеют известную нефтегазоносность, а для 223 объектов проводится прогноз. Из них 152 объекта однозначно прогнозируются, а 71 – неоднозначно. Среди однозначных прогнозов, 40 объектов считаются нефтегазоносными, а 120 – пустыми (без углеводородов). Среди неоднозначных прогнозов, 27 объектов оценены на основе данных 3D сейсморазведки, и 44 – на основе данных 2D сейсморазведки.

Для учета неопределенности в прогнозах используются многовариантные модели. Эти модели охватывают неопределенность прогнозов, включая различие в объеме выборок, разные объекты геологического интереса и уровень детализации методов сейсморазведки.

Многовариантные модели представляют собой распределения вероятностей. Они позволяют ранжировать объекты с учетом неопределенности и количественно оценивать геологические риски. Результаты ранжирования могут быть представлены в виде интервалов вероятностей для каждой модели.

Сравнение многовариантных моделей прогноза также позволяет оценить нефтегазоносность разных отложений для каждой структуры. Это предоставляет информацию о вероятности наличия углеводородов в различных геологических формациях.

Исследование объемов нефтегазоносных и пустых структур, а также объемов прогнозируемой нефтегазоносности на основе разных методов сейсморазведки, позволяет оценить вероятности и распределения этих объемов на исследуемой территории. Это дает представление о геологических рисках и потенциале углеводородных залежей.

В заключение, интеграция данных и многовариантный анализ играют важную роль в нефтегазовой индустрии, позволяя компаниям справляться с огромными объемами информации и принимать обоснованные решения на основе комплексного анализа. Это современные инструменты, которые способствуют оптимизации производства, повышению эффективности и укреплению конкурентных позиций в отрасли.

1. Зайцев А. И., Лядов Ю. С. Регулируемый электропривод и его роль в энергосбережении. 2004 г. Структура частотного преобразователя сайт. – URL: https://studbooks.net/2127312/matematika_himiya_fizika/struktura_chastotnogo_preobrazovatelya
2. ГОСТ Р ИСО 45001-2020 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья.

**Кострицкий В.В., Семенченко Е.А., Закревский Н.А., Храменок Б.С.
Моделирование процесса определения и устранения неисправностей
автомобильных систем**

*Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой
(Беларусь, Новополоцк)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-400

Аннотация

Рассмотрен процесс моделирования автотронной системы на примере системы топливоподачи в бензиновом двигателе с распределённым впрыском. Отмечена перспективность использования специального инструментария при изучении устройства, взаимосвязи компонентов, принципов работы системы. Описан порядок разработки приложения на языке программирования – C# в кроссплатформенной среде Unity.

Ключевые слова: автотронная система, бензиновый двигатель, распределенный впрыск, моделирование, программирование, приложение.

Abstract

The process of modeling an autotronic system is considered on the example of a fuel supply system in gasoline engines with distributed injection. The prospects of using special tools in the study of the device, the relationship of components, the principles of the system are noted. The procedure for developing an application in the C# programming language in the Unity cross-platform environment is described.

Keywords: autotronic system, gasoline engine, distributed injection, modeling, programming, application.

Современный автомобиль - сложная техническая система, включающая взаимосвязанные между собой узлы и агрегаты, работой которых в большинстве случаев управляют электронные системы. Из-за сложного исполнения бывает сложно однозначно сказать, к чему относится конкретный узел или элемент: к системе управления или управляемому агрегату или механизму. Именно поэтому при изучении устройства автомобиля одним из направлений является рассмотрение транспортного средства как совокупности электронных систем управления (ЭСУ).

Получает все большее распространение такое понятие как автотронная система, к которой относится комбинированный комплекс автоматического управления, включающий в свой состав различные технические устройства, которые соединены в единое целое с целью выполнения конкретного неэлектрического действия [1]. Используя для внутрисистемной обработки информации цифровые электрические сигналы, они управляются различными неэлектрическими воздействиями, контролируя протекание неэлектрических процессов.

В состав автотронной системы входит различная периферия, подключаемая к электронно-вычислительному блоку управления с постоянной и оперативной памятью. Для согласования входной периферии с компьютером и компьютера с выходной периферией применяется интерфейсная (соединительная) подсистема [2].

Для выполнения функций автотронной технической системы могут использоваться разные технические устройства, отличающиеся по конструкции и принципу действия [3]. Это могут быть механические, электрические, электронные, электронно-вычислительные, гидравлические и иные изделия. Для удобства автотронные системы классифицируются по основной исполнительской функции: впрыска топлива, антиблокировки тормозов, очистки выхлопных отработавших газов и т.д.

При изучении ряда профильных дисциплин в Полоцком государственном университете имени Евфросинии Полоцкой современный автомобиль рассматривается как совокупность автотронных систем. Уделяется внимание связи между:

- разными автотронными системами;
- компонентами, входящими в автотронные системы с рассмотрением их структурных и диагностических параметров.

При изучении изменений этих связей оттачиваются практические навыки, необходимые для определения и последующего устранения неисправностей в соответствующих системах автомобилей. Для повышения эффективности изучения таких дисциплин как «Техническое диагностирование автомобилей», «Техническое обслуживание автомобилей», «Обслуживание и ремонт легковых автомобилей» на кафедре автомобильного транспорта разработан специальный инструментарий. Он позволяет наглядно рассмотреть изучаемую автотронную систему.

При моделировании автотронной системы топливоподачи в бензиновом двигателе с распределённым впрыском работы включали следующие этапы:

1. Определение компонентов, входящих в моделируемую систему (рисунок 1), порядок их взаимодействия для дозированной подачи топлива в впускной коллектор двигателя с целью дальнейшего приготовления топливовоздушной смеси в определенной пропорции.

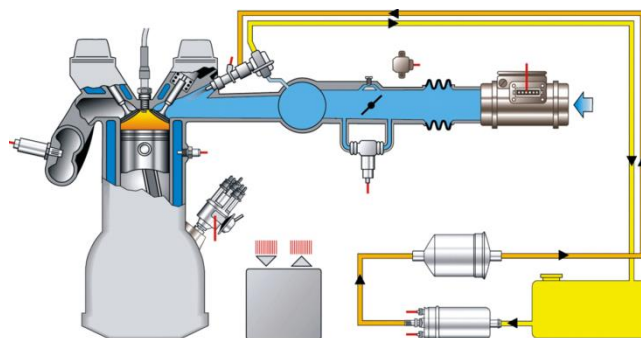


Рисунок 1. Компоненты системы распределенного впрыска.

2. Определение взаимосвязей между элементами в электрическом и гидравлическом контуре, которые отличаются и зависят от режима работы системы топливоподачи. При моделировании выделили выделить два режима работы: при включенном зажигании и при работающем двигателе.
3. Определение параметров системы и выбор средств их контроля, дающих однозначную оценку. Для электрического контура основным параметром контроля является напряжение, контролируемое мультиметром. Для гидравлического - давление в топливной системе, производительность топливного насоса, баланс производительности форсунок. В качестве средства контроля используется топливный манометр; стенд, имитирующий работу форсунок двигателя; мерная колба, позволяющая узнать количество подаваемого топлива в заданную единицу времени соответственно.
4. Определение поведения системы при исправном техническом состоянии.
5. Определение проявления в системе признаков неисправностей.
6. Определение технического состояния исправных элементов и неисправных элементов.

Блок схема поиска неисправностей представлена на рисунке 2.



Рисунок 2. Блок-схема поиска неисправностей.

Все этапы моделирования автотронной системы топливоподачи в бензиновом двигателе с распределённым впрыском были реализованы на современном высокоуровневом языке программирования – C#. Для разработки графической части приложения была выбрана кроссплатформенная среда разработки компьютерных игр Unity, позволяющая создавать приложения на разных платформах, включая не только персональные компьютеры, но и мобильные устройства. Разработанное приложение (рисунок 3) позволяет:

- реализовать различные режимы работы системы;
- определить техническое состояние с использованием предлагаемых средств диагностирования;
- устранить найденные неисправности;
- рассмотреть все возможные связи в системе в виде различных контуров.

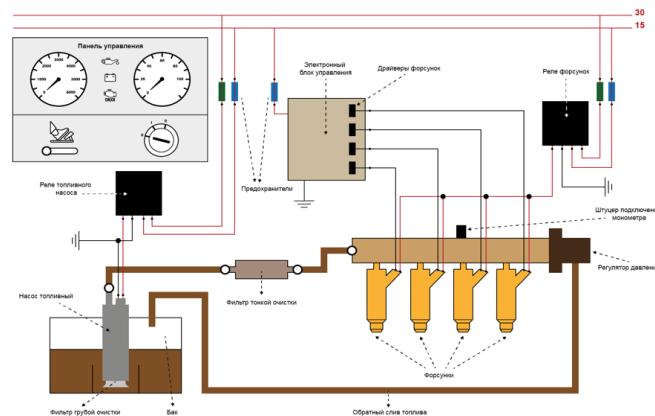


Рисунок 3. Модель автотронной системы топливоподачи в бензиновом двигателе с распределённым впрыском.

Полученная модель повышает эффективность изучения устройства, взаимосвязи компонентов и принцип действия рассматриваемой автотронной системы топливоподачи в бензиновом двигателе с распределённым впрыском. Она может использоваться в качестве основы при проектировании иных систем автомобиля. В дальнейшем это упростит поиск неисправностей в реальных условиях. Позволит повысить эффективность обучения студентов автомобильных специальностей.

1. Геращенко, В.В. Методы и средства диагностирования и повышения эксплуатационных свойств автомобилей и их агрегатов: [монография] / В.В. Геращенко, Н.А. Коваленко, В.П. Лобах. – Могилёв: Белорус.-Рос.ун-т, 2017.-170 с.
2. Соснин, Д.А. Автотроника: электрическое, электронное и автотронное оборудование легковых автомобилей / Д.А. Соснин / Учебник для ВУЗов. — М.: СОЛОН-Пресс, 2010. — 384 с.
3. Пахомов, А. Скрипт CSS для USB Autoscope III // Режим доступа: http://chiptuner.ru/content/pub_33/ – Дата доступа: 04.05.2023 г.

Ледяев К.А.

Как дроны и беспилотники спасают экосистемы от разлива нефти

Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-401

Аннотация

Основные методы и технологии, используемые в этой области, а также практические примеры исследований, рассматриваются в контексте улучшения экологической безопасности и предотвращения негативных последствий разливов нефти.

Ключевые слова: экологический мониторинг, разлив нефти, нефтепродукты, летательные аппараты, экологическая безопасность.

Abstract

The main methods and technologies used in this field, as well as practical examples of research, are considered in the context of improving environmental safety and preventing the negative consequences of oil spills.

Keywords: environmental monitoring, oil spill, petroleum products, aircraft, environmental safety.

Современное общество сталкивается с рядом экологических проблем, одной из которых является загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. Разливы нефти и нефтепродуктов могут иметь разрушительное воздействие на экосистемы, включая морские и пресноводные биотопы, а также сельскохозяйственные зоны. Для мониторинга и управления такими экологическими кризисами использование летательных аппаратов, таких как дроны и беспилотники, становится все более важным инструментом. Экологический мониторинг является важной составляющей управления экологическими кризисами, включая разливы нефти. С его помощью можно отслеживать масштабы ущерба для окружающей среды, оценивать зоны воздействия загрязнения и принимать меры по ограничению и ликвидации ущерба. Летательные аппараты, такие как дроны и беспилотники, способствуют значительному улучшению способности проведения экологического мониторинга.

Летательные аппараты позволяют быстро приблизиться к месту разлива и начать мониторинг, что сокращает время реакции и уменьшает риск усугубления ситуации. Благодаря возможности полета на разных высотах, летательные аппараты предоставляют более широкий обзор и более подробную информацию о зоне разлива нефти, включая его масштаб и распространение. Дроны и беспилотники оснащены современными камерами и сенсорами, которые способны предоставить высококачественные изображения и данных. Это позволяет детально анализировать ущерб и предсказывать его последствия.

Использование летательных аппаратов снижает риск экспозиции человеческого персонала в опасных условиях, связанных с разливами нефти и работами по ликвидации аварий. Летательные аппараты могут быть использованы для мониторинга на больших территориях и в разные времена суток, что делает процесс более эффективным и экономичным. Применение летательных аппаратов в экологическом мониторинге разливов нефти

- 1) Летательные аппараты могут быстро дать представление о масштабе разлива нефти, позволяя оценить уровень угрозы для окружающей среды.
- 2) Аппараты способны наблюдать изменения в экосистеме, такие как воздействие на морскую жизнь, птиц и растительность, и предоставлять данные для разработки мер по защите природы.
- 3) Летательные аппараты могут следить за перемещением нефти и нефтепродуктов в водных системах и на суше, что позволяет лучше ориентировать усилия по их сбору и утилизации.

- 4) Летательные аппараты могут помочь контролировать и координировать работы по ликвидации разлива, например, следя за распределением барьеров и очистительных устройств.

Разливы нефти и нефтепродуктов представляют собой наиболее распространенную форму отрицательного воздействия человечества на биосферу. Поэтому постоянный мониторинг состояния технических систем на всех этапах добычи, хранения, переработки и транспортировки нефтепродуктов становится необходимостью. Эффективный мониторинг объектов нефтедобычи и нефтегазотранспортировки предполагает:

- Обнаружение случаев аварийных разливов нефти.
- Предоставление информационной поддержки для предотвращения и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.
- Проведение исследований, анализа и оценки экологических последствий разливов.

Исходя из обширных территориальных характеристик объектов нефтедобычи и нефтегазотранспортировки и их труднодоступности, использование летательных аппаратов является наиболее оптимальным методом мониторинга.

Летательные аппараты (ЛА) представляют собой эффективное средство для мониторинга объектов на обширных территориях. Они позволяют осуществлять мониторинг нефтяной промышленности даже в экстремальных климатических условиях и обеспечивают непрерывность наблюдения.

Мониторинг ЛА нефтепроводов включает в себя следующие аспекты:

- Постоянное воздушное патрулирование трубопроводов и объектов нефтедобычи.
- Локализация утечек нефтепродуктов с использованием тепловизоров, установленных на ЛА.
- Создание цифровых карт земельных объектов нефтяной промышленности.
- Получение высокоразрешающих фотографий местности.
- Раннее обнаружение незаконного вмешательства в нефтепроводы.
- Мониторинг кустовых площадок.

Среди основных задач, которые успешно решаются с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), следует выделить следующие:

- 1) Бесперебойное наблюдение за объектами нефтегазовой отрасли, обеспечивая непрерывное мониторинг и контроль.
- 2) Выполнение аэрофотосъемки высокого качества для получения подробных и информативных изображений.
- 3) Регулярный мониторинг трубопроводов, включая их состояние и целостность.
- 4) Оперативное обнаружение разливов нефти, что позволяет немедленно реагировать на аварийные ситуации.
- 5) Выявление несанкционированного отбора нефти из трубопроводных магистралей, предотвращая незаконную деятельность.
- 6) Контроль за проведением работ на объектах и обеспечение безопасности.
- 7) Оценка технического состояния трубопроводов и обнаружение повреждений, что помогает предотвращать потери и обеспечивать надежность системы.
- 8) Координация действий наземных групп в случае возникновения чрезвычайных ситуаций, обеспечивая эффективное управление кризисными ситуациями.

При необходимости, БПЛА могут быть задействованы для мониторинга аварийных и непредвиденных событий, гарантируя безопасность и устранение риска для людей на месте происшествия. Нефтеперерабатывающие и нефтедобывающие компании активно используют беспилотные летательные аппараты для решения разнообразных задач, что способствует повышению эффективности и снижению затрат.

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сравнении с пилотной авиацией предоставляет ряд значительных преимуществ, которые охватывают такие важные аспекты, как инфраструктура, безопасность и экология.

- 1) Инфраструктура: Для пилотной авиации необходима соответствующая инфраструктура, включая посадочные площадки, диспетчерские центры, заправочные пункты, и требуется процедура получения разрешения на вылет и другие административные формальности. В случае БПЛА значительно сокращается необходимость в сложной инфраструктуре, так как они могут запускаться с разных мест, включая малопригодные для пилотов территории.
- 2) Безопасность: Использование БПЛА минимизирует риски для человеческих жизней. Поломка беспилотного аппарата не приведет к потере жизней, в то время как любая аварийная ситуация с пилотом или пассажирами может иметь серьезные последствия.
- 3) Экология: При использовании БПЛА отсутствует необходимость в сжигании топлива, что сокращает выбросы вредных веществ в атмосферу. Также нет необходимости строить и обслуживать аэродромы, что позволяет сохранить природную среду и предотвратить загрязнение почвы и водных ресурсов.
- 4) Контроль и мониторинг: БПЛА обладают высокой эффективностью при контроле и мониторинге объектов, так как они способны выполнять регулярные облеты, обнаруживать разливы нефти и газа, проводить анализ технического состояния трубопроводов и соседних территорий.

Все эти факторы делают использование БПЛА важным инструментом для мониторинга и обеспечения безопасности объектов нефтегазовой отрасли, а также содействуют снижению негативного воздействия на окружающую среду.

1. Бартенев О. А., Черепанов С. С. Изучение применимости мини-ТЭЦ для утилизации попутного нефтяного газа на Забегаловском месторождении АО
2. «Белкамнефть» им. А. А. Волкова. Сборник тезисов IX Научно-практической конференции — 2019. — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019. — 504 с.

Лопатников Г.С., Борискин С.И.

Исследование прочности детали «Шестерня ведущая»

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет им. Н. П. Огарева»*

(Россия, Саранск)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-402

Аннотация

Работа освещает вопрос статической прочности детали «Шестерня ведущая». Исследование реализуется методом конечных элементов, а в качестве среды моделирования применяется программный комплекс SOLIDWORKS Simulation.

Реализованы граничные условия по перемещениям обеспечивающие вычислительную эффективность, а также адекватность получаемых решений. Результаты анализа напряженно-деформированного состояния представлены в наглядной форме, пригодной для оценки.

Ключевые слова: нагрузки, крепления, конечно-элементный анализ, напряженно-деформированное состояние.

Abstract

The work highlights the issue of static strength of the "Driving Gear" part. The study is implemented by the finite element method, and the SOLIDWORKS Simulation software package is used as a modeling environment. Boundary conditions for displacements are implemented to ensure

computational efficiency, as well as the adequacy of the solutions obtained. The results of the stress-strain state analysis are presented in a visual form suitable for evaluation.

Keywords: loads, fasteners, finite element analysis, stress-strain state.

Произведем прочностной анализ [1,2,3] детали «Шестерня ведущая» в программном комплексе SolidWorks. Деталь входит в состав кинематической цепи механизма переключения передач коробки скоростей трактора ЮМЗ-6КЛ. Деталь размещена в закрытом корпусе и работает в условиях обильной смазки при температуре 60-80 С°. Шестерня периодически нагружается незначительным знакопеременным крутящим моментом в процессе переключения передач. Основными конструкторскими базами детали являются шлицы, а также правый торец. Наиболее ответственной поверхностью шестерни являются зубья и шлицы. Она работает как подшипник скольжения, поэтому должна обладать повышенной износостойкостью с соответствующим параметром шероховатости. Износостойкость обеспечивается повышенной поверхностной твердостью, 57-64 единиц HRC. Такая твердость достигается поверхностной закалкой, с последующим высоким отпуском углеродистой стали. Объемная твердость детали должна быть в пределах 30-46 HRC. Такое значение имеет углеродистая сталь в состоянии поставки. Для изготовления детали применяется материал марки сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-2016. На рисунке 1 представлен чертеж детали.

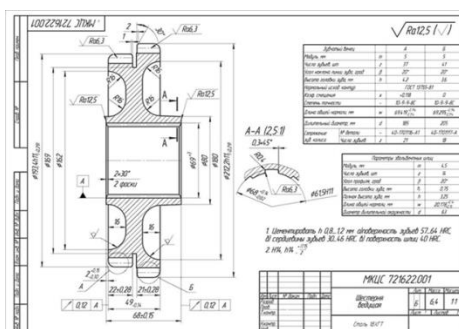


Рисунок 1. Чертеж детали.

Прежде чем приступать к расчету прочности детали необходимо определить возникающие усилия и допустимые напряжения детали. По чертежу детали определяем что наша исследуемая деталь имеет прямозубые зубья, на чертеже показаны это венцы А и В. Для цилиндрических зубчатых венцов А и В модуль составляет $m=5$. Для эвольвентных шлицев модуль составляет $m=4,5$. На цилиндрические прямозубые передачи в зацеплении действует сила, которую принято раскладывать на две взаимно перпендикулярные составляющие силы, на окружную силу F_t , Н, и радиальную силу F_r , Н, [4].

Цилиндрические прямозубые передачи проверяют на выносливость по контактным напряжениям $[\sigma_H]=554,5$ МПа, во избежание усталостного выкрашивания рабочих поверхностей и на выносливость зубьев по напряжениям изгиба $[\sigma_F]=241,5$ МПа, для предотвращения усталостного разрушения зубьев [4]. Под действием сил зацепления напряжение на зубе не должно превышать 241,5 МПа, так как оно является наименьшим из двух представленных напряжений (расчет ведем по наименьшему напряжению).

Напряжение смятия на шлицах эвольвентного профиля не должно превышать допустимого $[\sigma_{см}]\leq 80$ МПа [4]. Напряжения на остальных элементах нашей детали не должно превышать предела текучести 420 МПа, что будет свидетельствовать о пластических деформациях детали.

При этом используется двигатель мощностью $P=11$ кВт и частотой вращения $n_{об}=1500$ об/мин. Твердотельная модель детали была построена с использованием необходимого количества элементов. Все элементы дерева построений и 3D модель показаны на рисунке 2.

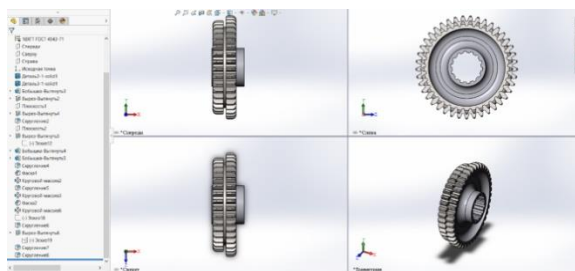


Рисунок 2. Дерево построения и 3D модель детали

В этом проекте создадим «Новое исследование» и назначим тип анализа – «Статический».

Определим материал детали, для чего выберем его из библиотеки «solidworksmaterials».

Согласно расчетной схеме добавим в модель ограничения и нагрузки, согласно терминологии «SolidWorks Simulation» – крепления и внешние нагрузки соответственно.

На нашу модель были приложены следующие ограничения:

- на цилиндрическую поверхность перемещения в радиальном направлении,
- на торцевую поверхность колеса для предотвращения продольного (осевого) перемещения детали,
- на боковую поверхность каждого зуба шлица для ограничения вращения (поворота вокруг своей оси).

В качестве внешних нагрузок прикладываем силы окружную F_t , Н, и радиальную силу F_r , Н,

$$F_t = \frac{2P}{\omega \cdot D},$$

где P – передаваемая мощность, $P=11$ кВт [4];

D – делительный диаметр зубчатого колеса, по чертежу детали;

ω – угловая скорость, рад/с, определяется по формуле [4].

$$\omega = (\pi n) / 30,$$

где n – частота вращения, $n=1500$ об/мин.

Подставив значения в формулу, получим

$$\omega = (3,14 \times 1500) / 30 = 157 \text{ рад/с}$$

Подставив значения в формулу окружной силы, получим

$$F_t = \frac{2 \cdot 11 \cdot 10^3}{157 \cdot 0,185} = 757 \text{ Н}$$

Радиальную силу F_r , Н, определяем по формуле [4]

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

где α – угол зацепления, $\alpha=20$ по чертежу детали

Подставив значения в формулу радиальной силы, получим

$$F_r = 757 \cdot \operatorname{tg} 20 = 256 \text{ Н}$$

Модель с приложенными граничными условиями показана на рисунке 3.

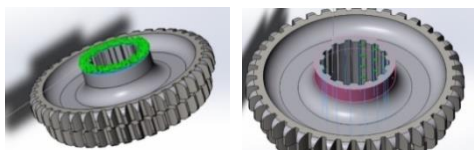


Рисунок 3. Модель с граничными условиями

Командой «Создание сетки» активируем формирование конечно-элементной сетки. Все параметры при создании сетки оставляем по умолчанию. Конечно-элементная сетка представлена на рисунке 4.

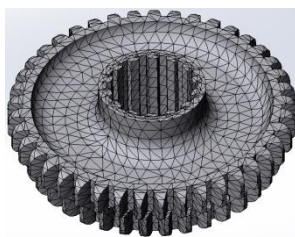


Рисунок 4. Конечно-элементная сетка

Затем запускаем программу на расчет и выбираем команду «Запуск». Наша деталь будет удовлетворять требования (в коробке скоростей) в том случае, если напряжение на зубе не превысит 241,5 МПа, напряжение на шлицевой поверхности 80 МПа и если напряжения не превысят предел текучести 420 МПа, что будет свидетельствовать о пластических деформациях детали.

Диаграмма напряжений по Мизесу представлена на рисунке 5.

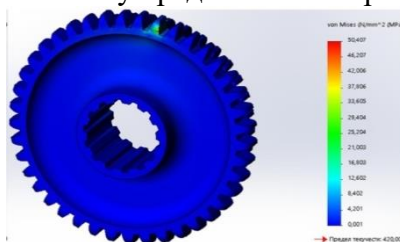


Рисунок 5. Диаграмма напряжений по Мизесу.

Диаграмма суммарных перемещений представлена на рисунке 6.

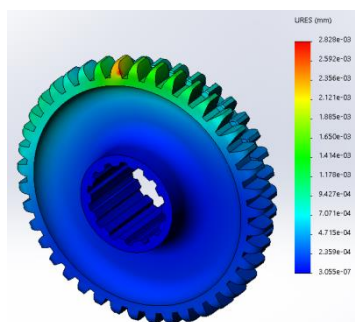


Рисунок 6. Диаграмма суммарных перемещений.

При проведении расчетов ни одно из трех условий не было нарушено, это означает что деталь будет выполнять свои функции.

Результаты исследования прочности детали шестерня ведущая позволяют сделать выводы по надежности данной детали и возможному изменению формы детали, которое приведет к экономии материала, либо к увеличению мощности привода до максимально возможного – 15 кВт.

1. Алямовский А.А. SolidWorks/COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks. - М.: ДМК Пресс, 2010, - 784 с., ил.
2. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. - М.: ДМК Пресс, 2015, - 526 с., ил.
3. Ефанов С.А., Борискин С.И., Кузьмин Д.Г., Сидорова А.А. Анализ и оптимизация детали «стойка». Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. №2. С. 525 - 533
4. Чернавский С.А. Курсовое проектирование деталей машин: учеб. пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов/ С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин. - М.: Машиностроение, 1988. – 416 с.

Лымарь А.А., Пшидаток С.К.

Сравнение функциональных возможностей программ AutoCAD и NanoCAD

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

doi: 10.18411/trnio-11-2023-403

Аннотация

Системы автоматизированного проектирования (САПР) обеспечивают сокращение сроков проектирования изделий и повышение качества разработки проектов. Основной функцией САПР является возможность проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов и их составных частей.

Ключевые слова: проектирование, растровые изображения, моделирование, визуализация, редакторы.

Abstract

Computer-aided design systems provide a reduction in the design time of products and an increase in the quality of project development. The main function of CAD is to perform design at all or individual stages of designing objects and their components.

Keywords: Design, raster images, modelling, visualization, editors.

САПР – это организационно-техническая система, осуществляющая проектирование при помощи комплекса средств автоматизированного проектирования [2].

Существуют три основных класса компьютерных систем поддержки проектирования (САПР): CAD, CAM и CAE.

CAD, или системы с компьютерной помощью в проектировании (Computer Aided Design), являются международно признанным стандартом для разработки моделей объектов и создания конструкторской документации, таких как чертежи, в различных областях, например, в машиностроении.

CAE, или системы с компьютерной помощью в инженерии (Computer Aided Engineering), предназначены для выполнения различных типов инженерных расчетов, таких как прочностные, теплопроводностные, гидро-газодинамические и др.

CAM, или системы с компьютерной помощью в производстве (Computer Aided Manufacturing), являются международно признанным стандартом для автоматической или автоматизированной разработки программ обработки деталей или технологической оснастки на участках с ЧПУ.

В данном исследовании описываются программы класса CAD, такие как AutoCAD и NanoCAD.

Система AutoCAD является программной платформой для проектирования, относящейся к классу CAD-систем. Она предназначена для разработки чертежей любой сложности и создания технической документации [3]. Также есть средства для создания анимации. Данная программа была разработана и выпущена в 1982 году компанией Autodesk. Широкое применение программы началось в начале 90-х годов. Первые версии программы состояли из базовых элементов таких как отрезок, текст, окружность. С течением времени разрабатывались новые версии программы, которые систематизировали и совершенствовали внутренние процессы. Так начиная с 10 версии программы появилась возможность использования параметрического черчения, т.е. возможность наложения на объект размерности. Эта функция дала возможность внесения изменений в проект, при этом ранее заданные параметры между объектами сохранялись. Программа AutoCAD нашла широкое применение в различных сферах деятельности, таких как архитектура и строительство, в промышленном дизайне, в инженерных сетях и системах водоснабжения, а также в геодезии, картографии и ландшафтном дизайне [9, 10]. В данный момент программа выпускается на 18

языках и известна во всем мире. Для полномасштабного проектирования предназначены такие программы как Autodesk Inventor, Autodesk Architectural Desktop и другие, полностью совместимые с AutoCAD.

Благодаря функциональным возможностям программа AutoCAD используется в землеустроительных работах [5]. С помощью программы возможен расчет площадей, вычисление координат точек, которые были получены в процессе съемок, составление абрисов и планов, а также подготовка документов на земельные участки [6].

В организациях, занимающихся подготовкой землеустроительной и кадастровой информации, используются программы различного назначения [1]. Они являются неотъемлемой частью процесса автоматизации выполнения различных этапов землеустроительных и кадастровых работ [4]. Основные программы обеспечивают основной функционал, необходимый для выполнения этих работ [7]. Вспомогательные программы используются для решения специфических задач, связанных с обработкой и анализом данных, проведением геодезических измерений и другими процессами, которые являются важными составляющими данной деятельности [8]. Одной из таких программ является NanoCAD.

Программа NanoCAD была разработана в 2008 году российской компанией «Нанософт», которая входила в союз Open Design Alliance (сокращенно ODA). Основным продуктом ODA является набор библиотек под названием Teigha. С помощью Teigha можно строить приложения, которые корректно читают или пишут в файлы формата DWG, причем таким образом, что после сохранения эти файлы будут понятны системе AutoCAD. За последние годы состав ODA расширился. Сегодня членами являются такие знакомые нам компании, как Oracle, Adobe, Bentley, CSoft Development, Bricsys, АСКОН, Intergraph, Graebert, Graphisoft, Tekla, ZWSOFT. В 2008 году в ODA вступила молодая российская компания "Нанософт" Эта компания была нацелена на создание своей системы автоматизированного проектирования (САПР), похожей на AutoCAD, но ориентированной на российского пользователя, – nanoCAD.

NanoCAD – это первая система автоматизированного проектирования в России, которая включает в себя инструменты базового проектирования. В nanoCAD существует возможность работы с растровыми изображениями. Их можно импортировать в различных форматах (TIF, TIFF, JPG, PNG, BMP и PCX). Также благодаря встроенному механизму программа распознает растровые привязки, что дает возможность работать со сканированными чертежами.

Программа выполняет следующие основные задачи:

- создание проектной документации с использованием 3D-моделирования и 2D-представления через видовые экраны;
- интеграция любой ранее выполненной технической документации, хранящейся в электронном растровом формате (сканированные чертежи, тексты, таблицы, фотографии), для использования при проектировании.-
- выполнение расчетов, связанных с объемами земляных масс;
- создание топографических планов.

На данный момент при составлении планов, документации и проектов используют обе программы. Но при рассмотрении двух программ можно выделить преимущества и недостатки их использования.

Из достоинств программы AutoCAD можно выделить следующие:

- программа предоставляет отдельные линейки продуктов для строительства, машиностроения и архитектуры;
- подготовка документации проекта происходит в быстром режиме;
- autoCAD имеет свой формат исходных файлов, DWG, который используется во всем мире;
- при создании проекта происходит реалистичная визуализация объектов планирования;
- в качестве средств защиты от нежелательного доступа в файлах чертежей, предусмотрены пароли и электронные подписи.

У AutoCAD есть некоторые недостатки, которые можно выделить:

- отсутствует возможность просматривать чертежи, созданные в других программных решениях;
- трехмерная параметризация отсутствует.

Отличительной особенностью программы nanoCAD является то, что она поддерживает российские стандарты проектирования. Внутри программы заложены типы линий, размерные стили, выноски, штриховки, а также масштабы и таблицы. Встроенные библиотеки с условными топографическими знаками, зелеными насаждениями, инженерными коммуникациями, позволяют пользователю гораздо быстрее выполнять поставленные задачи.

Был проведен сравнительный анализ программ в условиях внешних реалий в России. Можно с уверенностью сказать, что обе программы, nanoCAD и autoCAD, активно используются в проектировочной деятельности. Обе программы удовлетворяют функциональным потребностям различных предприятий.

1. Коновалова, К. Е. Современный программный продукт разработанный для нужд землеустройства / К. Е. Коновалова, А. А. Солодунов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 74-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2018 год, Краснодар, 26 апреля 2019 года / Ответственный за выпуск А.Г. Кошаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 419-421. – EDN DDNVRC.
2. Патент № 2762365 С1 Российская Федерация, МПК E02B 13/00, G01N 21/88, F17D 5/02. Способ автоматического мониторинга состояния асбестоцементных сбросных трубопроводов закрытой оросительной системы : № 2021106439 : заявл. 11.03.2021 : опубл. 20.12.2021 / М. А. Бандурин, В. В. Ванжа, П. Г. Пасниченко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина". – EDN RBMCVR.
3. Солодунов, А.А. Результаты сравнительного анализа орбитальных группировок глобальных навигационных спутниковых систем / А. А. Солодунов, Д. С. Смоляков, С. В. Разгоняев, А. С. Ерж // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 183. – С. 274-291. – DOI 10.21515/1990-4665-183-027. – EDN DAKAXZ.
4. Гаврюхов, А.Т. Основы систем автоматизированного проектирования в землеустройстве / А. Т. Гаврюхов, И. Н. Гурский, Г. Г. Турк, А. А. Солодунов. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – 89 с. – EDN SPKXUD.
5. Солодунов, А. А. Компьютерная технология оценки резерва дееспособности сооружений внутрихозяйственной сети рисовых оросительных систем / А. А. Солодунов // Научные основы природообустройства России: проблемы, современное состояние, шаги в будущее : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию эколого-мелиоративного факультета, Волгоград, 08 ноября 2019 года. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2020. – С. 102-108. – EDN CKGLYM.
6. Нех, П. И. Методы дистанционного зондирования территорий в землеустройстве и кадастрах / П. И. Нех, А. А. Солодунов // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений : Сборник статей по материалам V Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 20 апреля 2023 года / Отв. за выпуск Е.В. Яроцкая. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023. – С. 332-337. – EDN AKZJOG.
7. Солодунов, А. А. Программный комплекс для дисциплины «Фотограмметрия и дистанционное зондирование» / А. А. Солодунов // Цифровые технологии в аграрном образовании : Сборник статей по материалам учебно-методической конференции, Краснодар, 01 марта – 30 2022 года / Отв. за выпуск Д.С. Лилякова. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 79-80. – EDN KIAZQE.
8. Гаврюхов, А.Т. Землеустройство : Учебно-методическое пособие / Л. Н. Гаврюхова, А. Т. Гаврюхов, С. К. Пшидаток, Г. Г. Турк. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – 78 с. – EDN YPJQFN.
9. Жарникова, А. А. Эффективность использования и область применения беспилотных летательных аппаратов / А. А. Жарникова, С. К. Пшидаток // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 75-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2019 год, Краснодар, 02–16 марта 2020 года / Отв. за выпуск А.Г. Кошаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 407-410. – EDN WBLZUX.
10. Пшидаток, С.К. Опыт применения спутниковой геодезической аппаратуры при проведении инженерно-геодезических изысканий / С. К. Пшидаток, А. А. Солодунов, Л. Д. Сарксян, А. А. Харатян // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 177. – С. 247-257. – DOI 10.21515/1990-4665-177-014. – EDN VJIBNN.

Мадаев С.М., Алихаджиев С.Х.

3D-печать в научных исследованиях: Использование 3D-печати для создания оборудования, деталей и моделей в науке

Чеченский государственный университет им А.А. Кадырова
(Россия, Грозный)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-404

Аннотация

Эволюция технологии 3D-печати, несомненно, произвела революцию в различных отраслях, и наука не стала исключением. Эта впечатляющая технология вдохнула жизнь в мечты бесчисленных исследователей, позволив им создавать уникальное оборудование, детализированные детали и реалистичные модели, часто экономя драгоценное время и ресурсы. Эта статья посвящена применению 3D-печати в сфере научных исследований. От предложения самодельных решений, которые глубоко резонируют с конкретными исследовательскими задачами, до уменьшения некогда тяжелых цепочек зависимости от внешних поставщиков и освещения уголков образования и научной коммуникации. В этой статье обсуждаются эти преимущества, приводятся различные примеры из реальной жизни и пропагандируется дальнейшая интеграция 3D-печати в исследовательскую среду.

Ключевые слова: 3D-печать, научные исследования, оборудование на заказ, модели, детали, инновации, образование, коммуникация.

Abstract

The evolution of 3D printing technology has undoubtedly revolutionized various industries, and science is no exception. This exciting technology has brought the dreams of countless researchers to life, allowing them to create unique equipment, detailed parts and realistic models, often saving valuable time and resources. This article focuses on the application of 3D printing in scientific research. From offering homegrown solutions that resonate deeply with specific research questions, to reducing once-heavy chains of dependency on external vendors, and shining a light on corners of education and scholarly communication. This article discusses these benefits, provides various real-life examples, and advocates for the further integration of 3D printing into the research environment.

Keywords: 3D Printing, Scientific Research, Bespoke Equipment, Models, Parts, Innovation, Education, Communication.

Исторически научные исследования часто затруднялись отсутствием или непомерно высокой стоимостью конкретного оборудования. С появлением 3D-печати ученые теперь могут разрабатывать и производить инструменты на заказ, точно соответствующие их исследовательским потребностям. Например, в области морской биологии исследователи создали специальные устройства для отслеживания морской жизни, которые были напечатаны на 3D-принтере с учетом размеров и поведения конкретных видов.

В таких областях, как физика элементарных частиц или космические исследования, точные инструменты имеют первостепенное значение. Возможность быстро создавать прототипы деталей с помощью 3D-печати позволяет ученым быстро тестировать, повторять и совершенствовать свои конструкции. Например, Европейское космическое агентство использовало 3D-печать для создания прототипов спутниковых компонентов, ускорив этап проектирования и испытаний.

Точные и интерактивные модели:

Способность 3D-печати создавать подробные и тактильные модели помогает исследователям визуализировать сложные структуры. В молекулярной биологии 3D-печатные модели ДНК или белков предлагают реальный способ изучения их сложных образований. Более того, эти модели служат мощными образовательными инструментами, упрощая объяснение сложных концепций студентам и общественности.

3D-печать снижает зависимость от внешних поставщиков, особенно в отношении нишевого оборудования или запчастей. Такая самодостаточность не только ускоряет

исследовательский процесс, но и снижает затраты. Во многих университетах централизованные центры 3D-печати обслуживают различные факультеты, гарантируя, что исследователи могут получить необходимое им оборудование, не дожидаясь поставок извне.

Помимо чистых исследований, 3D-печатные модели служат отличным инструментом для научной коммуникации. Музеи и образовательные учреждения используют эти модели для создания интерактивных выставок. Например, палеонтологи распечатали на 3D-принтере копии окаменелостей динозавров, что позволяет посетителям прикасаться к ним и взаимодействовать с ними, не повреждая оригинальные экземпляры. Нельзя упускать из виду экологически чистые возможности, которые 3D-печать приносит на научный стол. Традиционные производственные процессы часто производят значительное количество отходов. Напротив, аддитивный характер 3D-печати означает, что материал используется только там, где это необходимо. Это не только сокращает количество отходов, но и поощряет использование экологически чистых материалов. Исследователи в области наук об окружающей среде уже являются пионерами в использовании биоразлагаемых материалов в 3D-печати, прокладывая путь к более экологичному будущему.

В сфере здравоохранения 3D-печать открыла путь к персонализированной медицине. Больше не ограничиваясь универсальным подходом, медицинские работники теперь используют возможности 3D-печати для создания индивидуальных имплантатов, стоматологических устройств и даже слуховых аппаратов, идеально подходящих каждому пациенту. Помимо этого, продолжаются исследования лекарств, напечатанных на 3D-принтере, что позволяет адаптировать дозы и механизмы высвобождения к индивидуальным потребностям пациентов.

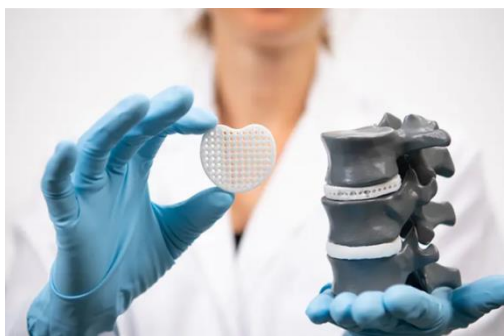


Рисунок 1. 3D-печать в медицине: прототипирование спинного столба и имплантата.

Объединение истории и науки посредством 3D-печати является свидетельством универсальности этой технологии. Археологи и историки теперь могут воспроизводить исторические артефакты, не рискуя повредить оригинальные предметы. Это не только помогает в исследованиях и исследованиях, но и позволяет публике взаимодействовать с копиями, способствуя более глубокой связи и пониманию истории.

Прошли те времена, когда полевым исследователям приходилось ждать доставки инструментов и оборудования в отдаленные места. С помощью портативных 3D-принтеров исследователи теперь могут проектировать и производить необходимые инструменты на месте, будь то в густых лесах, на вершинах гор или даже в пустынных ландшафтах. Такая оперативность резко повышает эффективность и потенциал полевых исследований.

Перспективы использования 3D-печати в научных исследованиях постоянно растут. Его способность затрагивать различные области – от экологических до исторических – демонстрирует его преобразующий потенциал. Поскольку исследователи продолжают расширять границы возможностей 3D-печати, мы можем только ожидать, что в ближайшие годы мы станем свидетелями новых революционных открытий и инноваций.

1. Липницкий Л. А., Пильгун Т. В. Аддитивные технологии и их перспективы в образовательном процессе //Системный анализ и прикладная информатика. – 2018. – №. 3. – С. 76-82.
2. Минаков Д. М., Смышляев А. А. Перспективы использования аддитивных технологий в агропромышленном комплексе //НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТУДЕНТОВ В РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ АПК. – 2022. – С. 159-163.

3. Голубев И. А. МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ //Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2023. – С. 41-46.
4. Лагерев И. А. и др. Создание экспериментального макета мобильной канатной дороги с использованием 3Д-печати //Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2019. – №. 2. – С. 221-230.
5. Шацкий В. А., Картечина Н. В., Чиркин С. О. ИННОВАЦИЯ В 3Д-ПЕЧАТИ //Наука и Образование. – 2023. – Т. 6. – №. 1.
6. Ильченко М. Б. и др. ОБЗОР 3Д-ПЕЧАТИ В СТОМАТОЛОГИИ: ТЕХНОЛОГИИ И ПРИМЕНЕНИЕ //Мировая наука на пути к устойчивому развитию: естественно-научные исследования, технический прогресс. – 2023. – С. 83-89.

Макарова Д.Д.

Современные установки для очистки сточных вод от нефтепродуктов

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-405

Аннотация

В статье рассмотрены современные методы и устройства для очистки сточных вод от нефтепродуктов. Описаны традиционные методы очистки, биосорбция. Был рассмотрен сорбционный фильтр «Argel S» и выявлены его преимущества. Актуальность работы заключается в сохранении окружающей среды и предотвращении загрязнения водных ресурсов.

Ключевые слова: очистка, сточные воды, нефтепродукты, биосорбция, эффективность, загрязнение, фильтр.

Abstract

The article discusses modern methods and devices for treating wastewater from petroleum products. Traditional methods of purification and biosorption are described. The «Argel S» sorption filter was reviewed and its advantages were identified. The relevance of the work lies in preserving the environment and preventing pollution of water resources.

Keywords: purification, wastewater, petroleum products, biosorption, efficiency, pollution, filter.

Современные установки для очистки сточных вод от нефтепродуктов играют важную роль в сохранении окружающей среды и предотвращении загрязнения водных ресурсов. Нефтепродукты, такие как нефть, мазут или бензин, могут попадать в воду в результате аварийных разливов, несанкционированного сброса или протечек из нефтяных хранилищ, нефтеперерабатывающих заводов или транспортных средств.

Традиционные методы очистки сточных вод от нефтепродуктов включают в себя физико-химические и биологические процессы [1]. Физико-химические методы включают смешение углеводородных загрязнений с коагулянтами, флокулянтами и абсорбентами, чтобы формировать фlocs, которые можно затем легко удалить из воды. Биологические методы включают использование микроорганизмов для биodeградации нефтепродуктов [2].

Современные установки очистки сточных вод от нефтепродуктов представляют собой целый комплекс различных методов и технологий. Они включают в себя, такие процессы как фильтрация, аэрация, химическая очистка и биологическая. Например, биосорбция — процесс, при котором живые или мертвые биогазители (бактерии, водные растения или грибы) используются для поглощения и удержания нефтепродуктов на своей поверхности. Биосорбция обладает высокой эффективностью в очистке сточных вод от нефтепродуктов и позволяет перерабатывать и использовать поглощенные вещества.

Другой современный подход к очистке сточных вод от нефтепродуктов – использование сорбционных фильтров. Сорбционные фильтры «Argel S» – это высокоэффективное оборудование, предназначенное для очистки воды и почвы от нефтепродуктов. Фильтры работают на основе сорбционного принципа, в котором загрязненная среда проходит через специальные сорбенты, поглощающие нефтепродукты.

Пример устройства сорбционного фильтра «Argel S» представлен на рисунке 1.

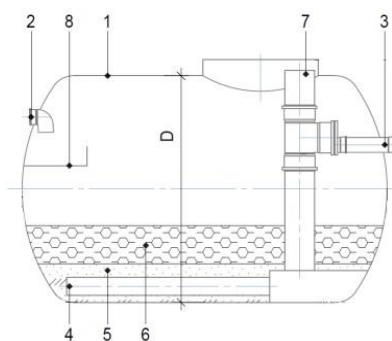


Рисунок 1. Устройство сорбционного фильтра «Argel S»:
1 – корпус (стеклопластик); 2 – патрубок входной; 3 – патрубок выходной;
4 – коллектор с дренажными трубами; 5 – распределяющий слой; 6 – сорбент;
7 – труба отводящая; 8 – пластина отбойная.

Преимущества сорбционных фильтров «Argel S»:

1. Высокая эффективность очистки: фильтры способны удалить до 99 % нефтепродуктов из воды и почвы [3].
2. Широкий спектр очищаемых сред: фильтры могут использоваться для очистки поверхностных водных и почвенных ресурсов, речных и морских вод, а также сточных вод различного происхождения.
3. Долговечность: сорбционные среды имеют высокую степень устойчивости к агрессивным средам и механическим воздействиям. Они способны работать на протяжении длительного времени без потери эффективности.
4. Простота эксплуатации: фильтры Argel S легко устанавливаются и обслуживаются. Они имеют компактные размеры и могут быть легко интегрированы в существующие системы очистки воды.
5. Экологическая безопасность: сорбционные фильтры не содержат вредных химических веществ и не вызывают негативного влияния на окружающую среду. Они могут быть использованы в различных экологически чувствительных местах, таких как заповедники и водоохраные зоны.

Сорбционные фильтры Argel S являются надежным и эффективным средством для очистки воды и почвы от нефтепродуктов. Они могут применяться в различных отраслях, включая нефтехимическую, нефтегазовую, судостроительную, а также для локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и углеводородов [4].

Также необходимо отметить нефтеловушки. Нефтеловушка – это устройство, которое используется для очистки сточных вод от нефтепродуктов. Она представляет собой специальный резервуар или контейнер, в котором происходит отделение нефтепродуктов от воды.

Работа нефтеловушки основана на разности плотностей нефтепродуктов и воды. Нефтепродукты имеют меньшую плотность, чем вода, поэтому при наличии нефтепродуктов в сточной воде они всплывают на поверхность. В то же время, вода, набирающаяся в нефтеловушке, постепенно стекает через переливы или через сливное отверстие.

Чтобы эффективно очистить сточные воды от нефтепродуктов, нефтеловушку можно дополнить другими системами, такими как:

1. Коалесцентные фильтры: они помогают уловить и удалить даже мельчайшие капли нефтепродуктов из воды.
2. Биореакторы: они используются для биологической очистки сточных вод от органических загрязнений. Биореакторы могут быть полезными в случаях, когда содержание нефтепродуктов выше стандартных пределов.
3. Адсорбционные фильтры: они основаны на принципе химической адсорбции, и помогают улавливать и удалить различные загрязнители, включая нефтепродукты.

Нефтеловушку следует выбирать в зависимости от конкретных потребностей и характеристик сточных вод. Она может быть как стационарным, так и переносным устройством, в зависимости от требований объекта.

Регулярная техническая проверка и обслуживание нефтеловушки важны для ее эффективной работы и продления срока службы. Также важно учитывать стандарты и законодательство, регулирующие очистку сточных вод от нефтепродуктов, чтобы обеспечить соблюдение требований и предотвратить негативное воздействие на окружающую среду.

Одной из последних инноваций в области очистки сточных вод от нефтепродуктов является применение наноматериалов. Одним из перспективных решений является использование наночастиц. Обширные исследования показали, что наночастицы имеют уникальные свойства, которые делают их эффективными в процессе очистки воды от нефтепродуктов [5].

Прежде всего, наночастицы обладают большой поверхностью относительно своего объема. Это означает, что они имеют высокую способность к адсорбции нефтепродуктов. Благодаря своей большой поверхности, наночастицы могут удерживать большое количество нефтепродуктов, что делает их эффективными в очистке сточных вод.

Кроме того, наночастицы могут иметь специальные функциональные группы на своей поверхности, которые повышают их адсорбционные свойства. Например, функциональные группы, содержащие аминокислоты или полимеры, могут усилить взаимодействие наночастиц с нефтепродуктами и улучшить процесс их удержания. Более того, наночастицы могут быть использованы в процессе фотокаталитической очистки сточных вод от нефтепродуктов. Фотокаталитическая очистка – это процесс, в котором свет взаимодействует с определенными веществами, называемыми фотокатализаторами, и вызывает химические реакции, в результате которых происходит разложение нефтепродуктов. Наночастицы могут быть использованы в качестве фотокатализаторов, что делает их эффективными инструментами в очистке сточных вод.

Обширное использование наночастиц в области очистки сточных вод от нефтепродуктов еще находится на стадии исследования и разработки. Однако предварительные результаты свидетельствуют о важной роли наночастиц в этом процессе и возможности достижения значительных успехов в разработке эффективных методов очистки воды от нефтепродуктов.

В целом, современные установки для очистки сточных вод от нефтепродуктов имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами очистки. Они обеспечивают более высокую эффективность, экологическую безопасность и возможность повторного использования очищенной воды. Тем не менее исследования в данной области продолжаются, и создаются наиболее эффективные технологии для очистки сточных вод от нефтепродуктов.

1. Хлытчиев, А.И. Очистка нефтесодержащих промышленных сточных вод // Экология и промышленность России. М., 2003. С. 17-18.
2. Набаткин, А.Н., Хлебников, В.Н. Применение сорбентов для ликвидации нефтяных разливов. Нефтяное хозяйство. М., 2002. С.61.
3. Аюкаев, Р.И., Мельцер, В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды // Стройиздат. Л., 2004. 120 с.
4. Лебедев, И.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод фильтровально-сорбционными методами // Ползуновский вестник. Барнаул, 2006. С. 380-385.
5. Горелая, О. Н. Магнитный сорбент из отходов водоподготовки для очистки нефтесодержащих сточных вод // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. Брест, 2020. С. 61–64.

Макарь И.Н., Любская О.Г.

Методы предотвращения аварий на угольно-добывающих предприятиях

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-406

Аннотация

В современном мире взаимодействие человека с техносферой не всегда происходит благоприятно для обеих сторон, поскольку соблюдение баланса между составляющими техносферы (здания, машины и т.п.) и действиями человека требует значительных усилий и осознанных действий. В статье уделено значительное внимание причинам аварий на угольных шахтах РФ; дана характеристика производственного риска работников, занятых в угольно-добывающем секторе экономики; представлены уровни принятия решений в предотвращении аварий, а также рассмотрены методы их предотвращения.

Ключевые слова: производственный риск, условия труда, государственная политика, снижение аварийности, энергетический сектор экономики.

Abstract

In the modern world, human interaction with the technosphere is not always favorable for both parties, since maintaining a balance between the components of the technosphere (buildings, machines, etc.) and human actions requires significant effort and conscious actions. The article pays considerable attention to the causes of accidents in coal mines of the Russian Federation; the characteristics of the production risk of workers employed in the coal mining sector of the economy are given; the levels of decision-making in accident prevention are presented, and methods for their prevention are also considered.

Keywords: production risk, working conditions, government policy, accident reduction, energy sector of the economy.

Политика РФ, являясь частью системы государственного управления в сфере национальной безопасности Российской Федерации, направлена на защиту населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного и природного характера. Однако, по данным МЧС РФ в 2022 году на территории нашей страны зарегистрировано 392 ЧС, при этом техногенные ЧС в 49,4 % (193 случая) от общего числа происшествий, при этом число погибших людей в результате техногенных ЧС составило 95,5 % (505 человек) от общего количества погибших. Абсолютное большинство людей погибло от ЧС техногенного характера.

Угольно-добывающая отрасль РФ является системообразующей в топливно-энергетическом комплексе страны. В формировании долгосрочной энергетической политики угольная отрасль, совместно с газовой и нефтяной отраслями, по своему ресурсному потенциалу рассматривается как, один из основных источников энергетических ресурсов России.

Производство угля относится к отрасли топливной промышленности, включающее в себя добычу «черного золота», его обогащение и переработку. Российский уголь, нефть и газ являются основой топливно-энергетической безопасности Российской Федерации, повышая надежность энергоснабжения страны. Следовательно, развитие угольной промышленности имеет не только отраслевое, но и важное социальное значение.

В настоящее время мы живем в период изменений работы всех энергетических рынков, включая угольный, имеются барьеры, мешающие нормальной работе всех производственных цепочек. При этом работники угольно-добывающей отрасли, как и прежде, обеспечивают надежное снабжение энергией все категории потребителей, выстраивают новые логистические цепочки.

На территории РФ уголь добывают в 7 Федеральных округах, включая вновь присоединенные территории, - Донбасс и Луганск. В угольных разрезах представлены уголь всех геологических типов и стадий формирования. Добыча угля, в зависимости от глубины его залегания, осуществляется двумя способами - открытым или в шахтах. Более безопасный из них – открытый способ.

Данная отрасль отличается тяжелыми, часто опасными условиями труда. Степень производственного риска, занятых на горнодобывающих работах, определяется несколькими факторами, а именно: условиями залегания месторождений, состоянием материально-технической базы предприятия, порядком организации труда, уровнем квалификации работающих кадров, соблюдением правил техники безопасности на рабочем месте.

В настоящее время в угольной отрасли по добыче и переработке угля занято около 160 тысяч работников. Большинство работающих шахтерами – это мужчины в возрасте от 18 до 45 лет – в самом работоспособном и детородном возрасте. Аварии приводят к травмированию шахтеров, потере ими работоспособности.

Усредненный коэффициент частоты травматизма на угольных разрезах, при пересчете на 1000 рабочих, составляет 5-10 человек. Следовательно, изучение вопросов условий труда и методов предотвращения аварий на угольных шахтах является актуальным. В связи с вышесказанным продолжение научных работ с целью повышения техносферной и промышленной безопасности в угольной отрасли является важным и своевременным.

Угольная отрасль – это шахты и разрезы, имеющие сложные условия труда. Это люди, работающие в сложных и вредных условиях труда. Это моногорода, возведенные вокруг угольных предприятий. Это работа единой системы, регулируемой государством, направленная на увеличение добычи одного из важнейших для экономики страны ресурсов; собственники предприятий, вкладывающих собственные усилия и средства на создание безопасных условий труда на этих предприятиях, а также сами горняки, самоотверженно трудящиеся под землей и в разрезах.

Добыча полезных ископаемых в шахтах, и угля, в частности, на протяжении всей своей истории была сопряжена с рядом опасностей и вредностей. В конце XX века в России в соответствии [1] все угольные шахты отнесены к опасным производственным объектам.

Уровень производственного травматизма в угольной отрасли сопоставляют с объемом добытого угля на 1 горняка: 1 тонна угля – 1 случай смертельного травматизма. Однако, на сегодняшний день ситуация меняется, состояние травматизма на угледобывающих предприятиях России характеризуется тенденцией снижения значений абсолютных показателей.

Знаковая авария на шахте Распадская в 2010 году заставила все заинтересованные стороны тщательно изучить профиль техногенных аварий на предприятиях угольных компаний, приводящих к катастрофическим последствиям и сопровождающихся гибелью людей.

Критериями оценки техногенных опасностей промышленных аварий являются показатели количества аварий, число пострадавших и погибших, а также размер материального ущерба [2].

Любая промышленная деятельность сопровождается материальными и человеческими потерями. Техногенные аварии в промышленности были, есть и, будут всегда, хотя введение понятия «нулевой травматизм» показывает направление движения законодательной, технической и рабочей мысли.

На трагических ошибках техногенных аварий учатся, накапливают, анализируют и обобщают опыт, в дальнейшем совершенствуют производственную деятельность, которая не прекращается с малыми и средними авариями. Совсем другое дело – крупные промышленные аварии, поскольку сам факт ее возникновения – сигнал о приближении производственного процесса к черте, после которой такое производство нужно реорганизовывать.

Проблемами снижения травматизма на угольных промышленных предприятиях занимались и занимаются многие отечественные ученые. Накоплен огромный теоретический

опыт в этой области и зарубежными исследователями. Технические, технологические, организационные аспекты в области промышленной безопасности изучали такие столпы российской науки, как В. П. Баскаков, С. Г. Гендлер, И. Л. Кравчук, Е. М. Неволлина, В. А. Галкин, К. З. Ушаков, А. И. Сидоров, В. А. Ширяев, Г. З. Файнбург и другие.

Анализ причин возникновения и последствий произошедших техногенных аварий в шахтах за более чем 50 лет наблюдений показывает, что все они имели один общий признак - все они произошли при одновременном воздействии во времени и пространстве 3-х основных факторов: природного, технологического и человеческого [3].

Эти три фактора при ведении горных разработок в различном сочетании обуславливают возникновение опасных ситуаций, при которых происходят единичные или массовые травмирования шахтеров, находящихся в зоне досягаемости поражающих факторов тех или иных опасных ситуаций [4].

В большинстве случаев проявлению динамических событий в виде техногенной аварии способствует совокупное действие факторов, при этом влияние одного может являться основным триггером. Как общее, так и отдельное влияние каждого фактора ведет к изменению деформационных характеристик разрабатываемого месторождения, а следовательно – к возможной ЧС с гибелью людей.

По данным анализа результатов расследований аварий в шахтах, наиболее частыми причинами техногенных аварий, сопровождающихся развитием ЧС, считаются:

- внезапные выбросы угля и газа (4,5%);
- повышение температуры воздуха в забое до 37-39°C, провоцирующее взрывы метана и угольной пыли (19,1%);
- эндогенные (23,1%) и экзогенные пожары (5,9%);
- прорывы воды и глины в действующие горные выработки;
- потеря устойчивости угольного и породного массивов (11,2%);
- повышение температуры воздуха в забое до 37-39°C;
- аварии на поверхности (18,9%);
- неисправность электротехнического оборудования (10,1%);
- неустойчивыми схемами проветривания горных выработок, обусловленных работой в уклонных полях (3,2%);
- прочие (4%).

При добыче угля открытым способом в угольных карьерах риск возникновения аварий возможен из-за:

- использования неисправного мощного высокоскоростного машинного оборудования;
- возможности внезапных взрывов;
- нарушения стабильности склонов;
- взрывов химических соединений;
- водного потока, возникающего в результате прорыва дамбы.

Расследования техногенных аварий в шахтах, а также периодические проверки направлены на предотвращение, снижение уже известных факторов риска в горнодобывающей промышленности и для разработки мер, направленных на предотвращение чрезвычайных ситуаций и поддержание непрерывной работы шахты, проводят специальные комиссии.

Работа горняка в угольной шахте представляет собой сложный производственный процесс, имеющий опасные и вредные условия труда.

Степень производственного риска работников, занятых на горнодобывающих работах, характеризуется следующими факторами:

- условиями залегания месторождений;
- внезапными изменениями геологической обстановки со стороны грунтов и угольных пластов;
- состоянием материально-технической базы шахты;
- организацией работы сотрудников;

- соблюдением правил техники безопасности на рабочем месте;
- уровнем квалификации работающих кадров.

Вопросы промышленной безопасности и охраны труда горняков в настоящее время решаются комплексно на 3-х уровнях:

I-й уровень – государственный;

II-й уровень – собственники горнодобывающих предприятий;

III-й уровень – работники шахт.

Одним из главных способов снижения аварийности и травматизма при добыче угля в подземных шахтах является уход от ликвидации последствий возникновения опасных факторов, а переход к их предупреждению. В работе шахты это происходит так: как только становится известно о нарушениях промышленной безопасности, работа в шахте приостанавливается до устранения нарушений ТБ. Статистически доказано, что существует зависимость рисков легкого и тяжелого травматизма от количества устраненных нарушений ТБ.

Для достижения ключевой цели в области промышленной безопасности и охраны – «нулевого травматизма» необходимы работы по следующим направлениям [5]:

- внедрение единой информационной системы охраны труда;
- ежедневное совершенствование механизмов, методов и способов обеспечения безопасности работ и условий труда;
- разработка и внедрение методов аэрологической безопасности, позволяющей предотвращать взрывы газовых смесей в шахте и минимизировать вредное воздействие пыли на шахтеров;
- обучение персонала безопасным методам работы. Для этого следует проводить повышение квалификации по вопросам охраны труда и укреплять производственную дисциплину;
- оснащение угольных предприятий современными системами безопасности и приборами контроля микроклимата в шахтах и забоях;
- реализация программ медицины труда.

В заключение следует подчеркнуть, что основными причинами техногенных аварий в угольно-добывающей отрасли РФ, приводящие к несчастным случаям, травмам и человеческим жертвам, выступают: человеческий фактор, недостаточная изученность особенностей конкретного угольного разреза, его природной газоносности, недостаточный уровень инженерных решений, повышение числа эндо- и экзогенных пожаров, не соблюдение сроков и объема проветривания, неудовлетворительный контроль за состоянием горных выработок в сложных горно-геологических условиях. Приводящие к социальной напряженности, все эти факторы снижают престиж труда горняков, а, следовательно, отрицательно сказывается на инвестиционном климате.

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» №122-ФЗ от 07.08.2000 г.;
2. Евтушенко А.Е. Некоторые вопросы безопасности, аварийности и травматизма на предприятиях угольной промышленности России// «Безопасность труда в промышленности», - 1993,- № 6,- С. 3-8.;
3. Томшин Е.А., Любская О.Г./ Проведение спасательных работ при ЧС техногенного и природного характера// Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2022): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 3. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2022.;
4. Грызунов В.В. Дифференциальный подход к качественному анализу структуры травматизма на угледобывающих предприятиях// Горный информационно-аналитический бюллетень. - М: Горная книга. «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке». - 2015. - Специальный выпуск 60-2. - С. 72-81;
5. Программа развития угольной промышленности до 2035 г. Распоряжение Правительства РФ от 13 июня 2020 г. № 1582-р.

Мокшанов А.С.

Максимизация эффективности производственно-отопительных котельных с газотурбинными установками и котлами-утилизаторами

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-407

Аннотация

Статья исследует инновационный подход к оптимизации теплоснабжения промышленных и коммерческих предприятий. Статья рассматривает принципы работы и преимущества системы, включая газотурбинные установки и котлы-утилизаторы, объединяя их в устойчивую и эффективную систему для одновременной генерации электроэнергии и тепла

Ключевые слова: производственно-отопительная котельная, газотурбинная установка, котел-утилизатор, эффективность, теплоснабжение, энергетическая эффективность.

Abstract

The article explores an innovative approach to optimizing the heat supply of industrial and commercial enterprises. The article examines the principles of operation and advantages of the system, including gas turbine installations and waste heat boilers, combining them into a stable and efficient system for simultaneous generation of electricity and heat

Keywords: production and heating boiler house, gas turbine plant, heat recovery boiler, efficiency, heat supply, energy efficiency.

Производственно-отопительные котельные являются неотъемлемой частью промышленных и коммерческих предприятий, а также муниципальных инфраструктурных объектов. Они обеспечивают теплоснабжение и горячую воду, что имеет решающее значение для нормального функционирования этих объектов. Однако они также потребляют большое количество энергии, что может быть дорого и вредно для окружающей среды. В этой статье рассмотрим, как повысить эффективность производственно-отопительной котельной с использованием газотурбинной установки и котла-утилизатора. Газотурбинная установка - это мощный двигатель, который преобразует химическую энергию горючего газа в механическую энергию, используемую для привода генератора электроэнергии. ГТУ имеет ряд преимуществ, которые делают его привлекательным для использования в производственно-отопительных котельных:

- ГТУ обладает высоким коэффициентом полезного действия, что означает, что он эффективно использует энергию горючего газа и преобразует ее в механическую энергию и электроэнергию.
- ГТУ обычно имеют долгий срок службы и низкую степень износа, что обеспечивает стабильную работу котельной.
- ГТУ может быть легко запущена и остановлена по мере изменения нагрузки, что делает его идеальным для изменяющихся условий потребления энергии.

ГТУ состоит из газовой турбины и генератора. Принцип работы ГТУ заключается в следующих этапах:

- i. Сжатие воздуха: Вначале воздух сжимается с помощью компрессора. Сжатый воздух поступает в горючую камеру.
- ii. Сгорание топлива: В горючей камере происходит сжигание топлива, что вызывает выделение горячих газов.
- iii. Вращение турбины: Горячие газы выходят из горючей камеры и поступают на лопатки газовой турбины. Под действием потока газов турбина начинает вращаться.

- iv. Генерация электроэнергии: Вращение газовой турбины приводит в движение генератор, который преобразует механическую энергию в электроэнергию.

Котел-утилизатор - это устройство, спроектированное для использования отходов теплопроизводства (например, выхлопных газов ГТУ) для производства дополнительного тепла или электроэнергии. Это позволяет увеличить эффективность котельной и снизить затраты на топливо.

- Утилизация отходов: Котел-утилизатор может использовать горячие газы, выходящие из ГТУ, для генерации дополнительной паровой или горячей воды. Это снижает потребность в дополнительном топливе.
- Снижение выбросов: Использование котла-утилизатора позволяет снизить выбросы в атмосферу, так как отходы теплопроизводства перерабатываются и используются внутри системы.
- Экономия на топливе: За счет утилизации отходов теплопроизводства котельная снижает затраты на топливо, что является выгодным с экономической точки зрения.

Котел-утилизатор работает на основе принципа утилизации тепла, содержащегося в выхлопных газах ГТУ. Его принцип работы включает следующие этапы:

- i. Захват выхлопных газов: Выхлопные газы, выходящие из ГТУ, поступают в котел-утилизатор.
- ii. Обмен тепла: В котле-утилизаторе выхлопные газы нагревают воду или пар, которые могут быть использованы для производства тепла или горячей воды. Это повышает эффективность котла-утилизатора и снижает тепловые потери.
- iii. Генерация дополнительной энергии: Котел-утилизатор также может использоваться для производства дополнительной электроэнергии, если он оборудован генератором.

Таким образом, вся система работает синергетически: ГТУ генерирует электроэнергию, а выхлопные газы, содержащие тепловую энергию, подаются в котел-утилизатор, где она используется для генерации тепла и/или дополнительной электроэнергии. Это позволяет значительно повысить эффективность использования энергии и снизить затраты на топливо, а также сократить выбросы в атмосферу, делая такую систему экологически более устойчивой.

Совместное использование ГТУ и котла-утилизатора позволяет значительно повысить эффективность производственно-отопительной котельной. ГТУ генерирует электроэнергию и выходящие горячие газы, которые затем используются котлом-утилизатором для генерации дополнительной энергии или тепла. Это позволяет значительно снизить затраты на энергию и сократить выбросы в атмосферу.

- Использование ГТУ и котла-утилизатора позволяет снизить эксплуатационные затраты, связанные с топливом и энергией.
- Интеграция этих технологий снижает выбросы парниковых газов и другие вредные вещества, что способствует улучшению экологической ситуации в регионе.
- ГТУ и котел-утилизатор повышают надежность котельной и уменьшают риск простоев.

Следует отметить, что внедрение газотурбинных установок и котлов-утилизаторов требует некоторых инвестиций и технической подготовки. Однако в долгосрочной перспективе они окупаются благодаря снижению затрат и увеличению прибыли. Кроме того, такие инновации способствуют сокращению экологического следа предприятий и способствуют улучшению общей устойчивости в сфере энергетики.

Для более наглядного представления о практической реализации газотурбинных установок и котлов-утилизаторов в производственно-отопительных котельных, рассмотрим пример одной из таких успешных реализаций.

В заключение, интеграция газотурбинных установок и котлов-утилизаторов в производственно-отопительные котельные - это шаг вперед в направлении более эффективного,

экологически чистого и экономически выгодного энергетического производства. При правильной реализации этих технологий, предприятия могут одновременно снизить свои эксплуатационные затраты, сократить выбросы и повысить свою конкурентоспособность на рынке, что в итоге принесет выгоду как им, так и окружающей среде.

2. Беляев В. С. Повышение теплозащиты наружных ограждающих конструкций. / Жилищное строительство. 1998. - № 3. - С. 22 - 26.
3. З.Беляев В.С., Хохлова Л. П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. М.: Высш. шк., 1991
4. Беляев, Н. М. Методы теории теплопроводности. Учебное пособие. В 2 частях. Часть 1 / Н.М. Беляев, А.А. Рядно. - М.: Высшая школа, 1982. - 328 с.
5. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. Учебник / Л.А. Бессонов. - М.: Юрайт, 2016. - 702 с.

Петрова К.Д., Белый В.А., Гребнева О.А.

Эффективность применения новых армирующих материалов в строительстве

Иркутский национальный исследовательский технический университет

(Россия, Иркутск)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-408

Аннотация

Основным недостатком стальной арматуры является значительная склонность к коррозии. Кроме того, конструкции со стальной арматурой обладают большой удельной массой. Все эти показатели негативно сказываются на состоянии железобетонных элементов. В данной статье рассмотрена возможность использования композитной арматуры. В работе приведен анализ показателей прочности на разрыв стекловолокна, устойчивости к агрессивным средам и непроводимости электрического тока. На основе полученных результатов показана энергетическая и экономическая эффективность использования новых армирующих материалов.

Ключевые слова: арматура, прочностные характеристики, композитные материалы, железобетонные конструкции, стекловолокна, пластиковая арматура.

Abstract

The main disadvantage of steel reinforcement is a significant tendency to corrosion. In addition, structures with steel reinforcement have a large specific gravity. All these indicators negatively affect the condition of reinforced concrete elements. In this regard, this article discusses the possibility of using composite reinforcement. The paper presents analysis of the indicators of the tensile strength of fiberglass, resistance to aggressive media and non-conductivity of electric current. Based on the results obtained, the energy and economic efficiency of using new reinforcing materials is shown.

Keywords: reinforcement, strength characteristics, composite materials, reinforced concrete structures, glass fibers, plastic reinforcement.

Для строительной индустрии на современном этапе развития важно повышение эффективности, качества, долговечности материалов, сократить время на производство и, с экономической точки зрения, снизить производственные затраты. Эти цели достигаются за счет использования новых стройматериалов, которые обладают устойчивостью к воздействию внешней среды, при этом имеют характеристики, не уступающие давно используемым материалам. Одним из таких материалов является композитная (пластиковая) арматура, которая обладает улучшенными характеристиками, такими как коррозионная стойкость, легкость и электроизоляционные свойства. В таблице приведены сравнительные характеристики композитной и стальной арматуры [0].

Таблица 1

Сравнительные характеристики стали и композитной арматуры.

№ пп	Характеристика	Композитная арматура	Стальная арматура
	Кратковременная прочность на растяжение (МПа)	1650 МПа	200 МПа
	Модуль упругости (МПа)	51.000 МПа	190 МПа
	Удлинение при разрыве (%)	3.3 %	3 %
	Долговременная прочность (МПа)	1100 МПа	265 МПа
	Объемный вес (кг)	2000 кг/м ³	7850 кг/м ³

Исследованию возможности использования композитных (пластиковых) материалов для железобетонных конструкций посвящены многие работы [2-4], целью которых было исследование характеристик и ее свойств при ее использовании в сфере строительства. Результаты показали, что композитная арматура обладает высокой прочностью и способностью удерживать нагрузки сопоставимые с традиционной стальной арматурой. Испытания на статические динамические и длительные нагрузки позволили установить следующие исходные характеристики этой арматуры, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Касательные напряжения, возникающие при разном типе арматуры различного диаметра.

№	Диаметр образца, мм	Тип волокна	Средние значения касательных напряжений, МПа		Нормативные значения касательных напряжений, МПа	
			τ_m	τ_r	τ_m	τ_r
1	8	Стекло	16	23.15	6.9	11.25
2		Базальт	18.02	25.54	6.9	11.25
3	10	Базальт	13.84	21.55	6.66	10.88
4	12	Стекло	11.5	17.30	6.43	10.51
5		Базальт	13.34	18.08	6.43	10.51

Анализ характеристик, приведенных в табл. 1-2 позволяет сделать выводы о следующих преимуществах композитной арматуры:

1. одним из ключевых преимуществ композитной арматуры является ее устойчивость к агрессивным средам, таким как влажность и химические вещества. Это делает ее идеальным выбором для строительства в условиях, где конструкции подвержены воздействию агрессивных сред;
2. композитная арматура также обладает непроводимостью электрического тока, что может быть важным фактором в строительстве сооружений, где электрическая изоляция необходима для безопасности;
3. сокращение затрат на обслуживание и увеличение долговечности конструкций.

Ниже приведем сравнительный экономический анализ двух вариантов армирования фундамента для условного примера здания (рис. 1): 1) традиционной стальной арматурой; 2) композитной.

Расчет фундамента, в роли которого выступала железобетонная плита, проводился в соответствии с методикой [5]. Размеры фундамента принимались в соответствии с размерами, приведенными на рисунке 1. Высота железобетонной плиты – 400 мм.

В качестве армирующих материалов будет использовать для первого варианта расчета – стальная арматура диаметром 12 мм АIII; для второго – композитная арматура диаметром 8 мм 8АКС (без потери прочности).

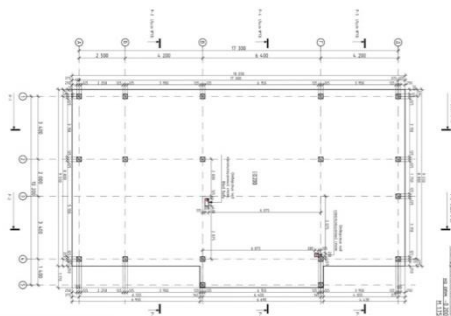


Рисунок 1. План фундаментной плиты условного здания.

При расчете количества арматура необходимо учитывать длину имеющихся в продаже прутков арматуры – 6 пог. м, 12 пог. м. При монтаже армирующего каркаса необходимо предусмотреть обязательное закругление прута по углам фундамента для уменьшения нагрузки на место крепления. Примем длину нахлеста в местах крепления 1 пог. м. При армировании фундамента арматура связывается в два яруса. Шаг между армирующими прутами условно примем одинаковым по всей площади железобетонной плиты и равным 400 мм. Для связки используется проволока.

При прочих равных условиях для первого варианта расчета армирования фундамента выбранного здания расход стальной арматуры диаметром 12 мм составит 2800 пог. м. Теоретический вес 1 погонного метра арматуры диаметром 12 мм составляет 0.89 кг. Следовательно, в 1 тонне 1126.13 пог. м. Всего вес стальной арматуры составит 2.486 т. Стоимость стальной арматуры на рынке в среднем составляет $\approx 48\,397.30$ руб./т. Стоимость материалов для вязки каркаса фундамента выбранного здания – 120 315.69 руб. Для полной экономической оценки необходимо учесть затраты на работу по созданию армированного каркаса фундамента. Для России средняя стоимость вязки каркасов из стальных арматурных прутков диаметром 12 мм составляет 27251 руб. за тонну. Стоимость вязки каркаса составит 67 745.98 руб. Стоимость гибки арматуры примем 5 000 руб. Общая стоимость для первого варианта армирования фундамента здания составит 193 061.68 руб.

Средняя стоимость композитной арматуры диаметром 8 мм в России составляет ≈ 12.5 руб. за погонный метр. Стоимость материалов для второго варианта армирования фундамента выбранного здания – 35 000 руб. Для России средняя стоимость вязки каркасов из композитной арматуры составляет ≈ 15 руб. за погонный метр. Стоимость вязки каркаса – 42 000 руб. Общая стоимость для второго варианта армирования фундамента здания составит 77 000 руб.

Как показал расчет двух вариантов армирования фундамента условного здания общая стоимость при использовании композитных материалов в 2.5 раза меньше, чем при использовании стальной арматуры. Кроме того, общий вес армирующего каркаса при использовании стальной арматуры составляет 2.5 тонны, а при использовании композитной арматуры – 406 кг (0.145кг/пог.м).

Таким образом, исследование показало, что использование композитной арматуры в силу ее технических характеристик, физических свойств материала, используемого для ее изготовления, а также устойчивости к внешним воздействиям приводит к значительному повышению энергетической и экономической эффективности строительства конструкций объектов. Сокращение затрат на саму арматуру, работу по созданию элементов из нее, увеличение долговечности конструкций способствуют снижению общей стоимости строительных проектов.

1. Васильева В.В., Тарнопольского Ю.М. Композиционные материалы. Справочник. М.: Машиностроение, 1990. – 183 с.

2. Лапшинов А.Е. Исследование работы СПА и БПА на сжатие // Вестник МГСУ. – 2014. – № 1. – С. 52-57.
3. Середина О.С. Стеклопластиковая арматура в современном строительстве // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет». – 2013. – С. 63-70.
4. Manchado M.A.L., Valentini L., Biagiotti J., Kenny J.M. Thermal and mechanical properties of single-walled carbon nanotubes-polypropylene composites prepared by melt processing // Carbon, Vol. 43, Issue 7, 2005. Pp. 1499-1505.
5. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции (актуализированная версия СП 63.13330.2012).

Походина М.А.

Криптография и использование теории чисел в шифровании

*Брянский государственный университет
имени академика И. Г. Петровского
(Россия, Новозыбков)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-409

Аннотация

Статья представляет собой обзор использования теории чисел в криптографии и подчеркивает важность математических методов при создании современных шифров. В статье описывается, как методы теории чисел могут быть применены для защиты информации при шифровании. Статья актуальна, учитывая постоянное развитие криптографии, появления новых угроз и необходимость разработки новых безопасных алгоритмов шифрования.

Ключевые слова: криптография, методы, конфиденциальность, теория чисел, шифрование, алгоритмы, алгоритм RSA, безопасность, надежность, системы шифрования.

Abstract

The article presents an overview of the use of number theory in cryptography and emphasizes the importance of mathematical methods in creating modern ciphers. The article describes how the methods of number theory can be applied to protect information during encryption. The article is relevant, given the constant development of cryptography, the emergence of new threats and the need to develop new secure encryption algorithms.

Keywords: cryptography, methods, confidentiality, number theory, encryption, algorithms, RSA algorithm, security, reliability, encryption systems.

Криптография – это наука о защите информации от несанкционированного доступа. Одним из самых распространенных методов защиты информации является шифрование, то есть преобразование исходного текста в непонятный для посторонних символьный ряд. Шифрование основывается на использовании различных математических алгоритмов, которые обеспечивают надежность защиты информации. Один из таких алгоритмов – это шифрование с открытым ключом, которое основано на использовании теории чисел.

Теория чисел – это раздел математики, который изучает свойства целых чисел и их взаимоотношения. Один из основных объектов изучения теории чисел – это простые числа. Простые числа – это целые числа, которые имеют только два делителя: единицу и само число. Например, числа 2, 3, 5, 7, 11 и т.д. являются простыми числами. [2]

Свойства простых чисел используются в криптографии для создания шифровальных алгоритмов. Известным алгоритмом является алгоритм RSA, который основан на использовании простых чисел. Алгоритм RSA использует два простых числа, которые выбираются случайным образом, затем вычисляется их произведение, которое называется модулем. Далее выбирается число, которое является открытым ключом, и число, которое является закрытым ключом. Открытый ключ используется для шифрования сообщения, а закрытый ключ – для его расшифровки. При этом расшифровка сообщения возможна только с помощью закрытого ключа, который известен только получателю.

Рассмотрим простой пример реализации алгоритма RSA [3, с. 182]. Пусть $p=7$ и $q = 11$. Тогда $N = 77$, а $(p - 1)(q - 1) = 6 \cdot 10 = 60$. В качестве открытой шифрующей экспоненты возьмем число $E = 37$. Отметим, что $\text{НОД}(37, 60) = 1$. Применяя расширенный алгоритм Евклида, получаем

$$D = 13(37 \cdot 13 = 481 = 1 \pmod{60}).$$

Для шифрования сообщения, численное представление которого $M = 2$, вычисляем:

$$C = ME \pmod{N} = 237 \pmod{77} = 51$$

Расшифровывание производится следующим образом:

$$m = CD \pmod{N} = 5113 \pmod{77} = 2$$

Для расшифровывания сообщения достаточно знать только модуль N алгоритма RSA и экспоненту D . Покажем, что знание делителей p и q модуля N позволяет ускорить процедуру расшифровывания. Для вычисления

$$M = CD \pmod{N}$$

Сначала найдем M по модулям p и q :

$$Mp = CD \pmod{p} = CD \pmod{(p-1)} \pmod{p},$$

$$Mq = CD \pmod{q} = CD \pmod{(q-1)} \pmod{q}$$

Теперь, используя китайскую теорему об остатках по Mp и Mq вычислим M . Находим число $t = p^{-1} \pmod{q}$ и храним его вместе с секретным ключом. Сообщение M восстанавливаем следующей образом

$$u = (Mq - Mp)t \pmod{q},$$

$$M = Mp + up.$$

Одним из самых безопасных алгоритмов шифрования в настоящее время считается AES. Он широко используется для защиты данных в крупных организациях и государственных учреждениях, а также в различных приложениях и протоколах, таких как SSL/TLS, IPsec, SSH и других. AES (Advanced Encryption Standard) – это симметричный алгоритм шифрования, который был разработан в 2001 году и стал стандартом для защиты данных во многих приложениях и протоколах. AES использует переменную длину ключа (128, 192 или 256 бит) для шифрования и дешифрования данных и основан на замене и перестановке байтов в блоках данных, что делает его более эффективным и безопасным, чем DES.

Допустим, мы хотим зашифровать сообщение "Hello, world!" с помощью AES-128.

Для этого нам нужно выбрать случайный 128-битный ключ (например, "2b7e151628aed2ababf7158809cf4f3c").

Затем мы разбиваем сообщение на блоки по 128 бит и применяем к каждому блоку операцию шифрования AES с использованием выбранного ключа. Например, первый блок будет выглядеть так:

- Исходный текст: "Hello, worl"
- Добавляем дополнительные байты (padding) до 128 бит: "Hello, worl\x00\x00\x00\x00\x00\x00\x00\x00"
- Применяем операцию шифрования AES с ключом "2b7e151628aed2ababf7158809cf4f3c"
- Получаем зашифрованный блок: "8ea2b7ca516745bfeafc49904b496089"

Аналогично шифруем и остальные блоки сообщения. Для расшифровки сообщения мы просто применяем обратную операцию дешифрования AES к каждому зашифрованному блоку с использованием того же ключа.

В криптовалюте теория чисел находит применение в блокчейне Bitcoin, в котором используется алгоритм SHA-256. Он основан на теории чисел и простых числах. SHA-256 – это хеш-функция, которая преобразует исходные данные в непонятный для посторонних символьный ряд фиксированной длины. Хеш-функции используются в блокчейне для обеспечения целостности данных. SHA-256 основывается на использовании простых чисел и операций над ними, таких как сложение, умножение и побитовые операции.

Теория чисел также имеет применение в криптографических протоколах. Например, протокол Диффи-Хеллмана использует теорию чисел для обмена секретными ключами между двумя участниками. Протокол Диффи-Хеллмана основывается на использовании простых чисел и операций над ними. Участники протокола выбирают случайные числа и вычисляют открытые ключи. Затем они обмениваются открытыми ключами и вычисляют секретный ключ, который используется для шифрования и расшифровки сообщений.

Теория чисел имеет широкое применение в различных областях математики, информатики и физики. Она позволяет решать сложные задачи, связанные с простыми числами, группами и функциями. Кроме того, она является основой для многих криптографических алгоритмов и протоколов, которые обеспечивают защиту информации в современном мире.

1. Орлов, В. А., Медведев, Н. В., Шимко, Н. А., Домрачева, А. Б. Теория чисел в криптографии // Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.
2. Нестерова, Л. Ю. Теория чисел // Учебник и практикум для вузов. М., Издательство Юрайт, 2023.
3. Шнайер, Б. Прикладная криптография // Протоколы, алгоритмы и исходные тексты на языке Си, 2003.

Пузырев Н.М., Мартынов Д.В., Барбашинова Н.Б.

Оценка эффективности защиты от теплового излучения энергетических установок методом парных сравнений

*Тверской государственный технический университет
(Россия, Тверь)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-410

Аннотация

В решении задач защиты от теплового излучения, выбора теплоизоляционных материалов для создания безопасных условий труда при эксплуатации тепловых установок необходимо учитывать большое количество показателей, факторов, образующих сложную взаимосвязанную структуру. Предлагается метод парных сравнений как один из видов системного анализа при решении задач по выбору и обоснованию средств защиты персонала от теплового излучения технологического оборудования.

Ключевые слова: безопасность, улучшение условий труда, защита от теплового излучения, метод парных сравнений.

Abstract

In solving the problems of protection against thermal radiation, selection of thermal insulation materials to create safe working conditions during operation of thermal installations, it is necessary to take into account a large number of indicators, factors that form a complex interconnected structure. The method of paired comparisons is proposed as one of the types of system analysis when solving the problems of selecting and justifying the means of protecting personnel from thermal radiation of technological equipment.

Keywords: safety, improvement of working conditions, protection against thermal radiation, method of paired comparisons.

Защита от теплового излучения нагретых поверхностей технологического оборудования (энергетических установок, печей, ковшей, трубопроводов с горячими газами и жидкостями) является одной из важнейших задач обеспечения безопасных условий труда обслуживающего персонала. Существует нормирование интенсивности действующих на персонал допустимых суммарных потоков энергии с учетом длины волны, размера облучаемой поверхности, защитных свойств спецодежды и продолжительности воздействия в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 [1] и СанПиН 2.2.4.548-96 [2]. Интенсивность не должна превышать 35 Вт/м² при

облучении более 50% поверхности тела, 70 Вт/м² при облучении от 25 до 50% поверхности тела.

Тепловая изоляция снижает температуру излучающей поверхности и уменьшает как общее тепловыделение, так и радиационную его часть. Кроме того тепловая изоляция уменьшая тепловые потери оборудования, что приводит к экономии расхода топлива, электроэнергии.

Наиболее распространенным и эффективным способом защиты от теплового излучения является экранирование. При выборе и оценке свойств теплоизолирующих экранов (теплопроводности, экологичности, простоты конструкции, удобства монтажа, себестоимости, долговечности и т.д.) возникает сложность в выборе оптимального варианта с учетом всех указанных свойств, показателей.

Наиболее известным и получившим практическое применение способом решения такого вида задач является метод парных сравнений в ранжировании альтернатив – так называемый метод Томаса Л. Саати, американского математика, разработавшего метод анализа иерархий при планировании, определении приоритетов, распределении ресурсов [3, 4]. Это научно-обоснованный с позиции системного анализа подход в принятии решений для выбора альтернативы из множества возможных на основе нескольких критериев. Метод основан на сравнении альтернатив, выполняемом экспертом, который является специалистом в данной области. Для каждой пары альтернатив указывается, в какой степени одна из них предпочтительнее другой. При решении прикладных многокритериальных задач необходимо иметь информацию об относительной важности критериев [5], которая устанавливается на основе их экспертных оценок.

Метод парных сравнений имеет некоторое преимущество перед другими методами упорядочения в случаях, когда объектов много и (или) они трудно различимы. Этот инструмент предоставляет основу для сравнения каждого варианта с другими и помогает визуализировать предпочтения, проведя ранжирование вариантов.

Проведем оценку эффективности четырех вариантов теплоизоляции на основе характеристик следующих термоизоляционных материалов:

Вариант В1 – кремнеземная вата «Эковул»:

размер 1000 x 1200 x 50 мм; диапазон температур -600С ÷ +1200оС; теплопроводность 0,04 Вт/м²; не горюч; цена 300 руб/кг; преимущества – устойчивость к кислотам, щелочи, воде, пару, удобство монтажа, экологическая безопасность, высокие шумопоглощающие свойства.

Вариант В2 – вермикулитовая плита ПВО-500:

размер 1200 x 600 x 30 мм; диапазон температур -500С ÷ +1200оС; теплопроводность 0,15 Вт/м²; не горюч; цена 465 руб/кг; преимущества – огне- и химстойкость.

Вариант В3 – «Теплоизол КС 50»:

размер 1000 x 1200 x 50 мм; диапазон температур -500С ÷ +1000оС; теплопроводность 0,10 Вт/м²; не горюч; цена 130 руб/кг; преимущества – малый удельный вес, удобство монтажа.

Вариант В4 – «Термоизол 1000»:

размер 1000 x 610 x 30 мм; диапазон температур -200 ÷ +1100оС; теплопроводность 0,2 Вт/м²; не горюч; цена 340 руб/кг; преимущества – малый удельный вес, жесткость, самонесущее свойство, недостаток – небольшая ширина.

Для оценивания вариантов заполняется матрица парных сравнений (МПС) размером N x N, где в данном случае N = 4 – количество альтернатив – марок сравниваемых термоизоляционных материалов. Оценивание ведется по правилам, представленным в таблице 1.

Таблица 1

Правила заполнения матрицы МПС

Оценка X_{ij}	Степени предпочтения
1	i -я и j -тая альтернативы примерно равноценны
3	i -я альтернатива немного предпочтительней j -той
5	i -я альтернатива предпочтительней j -той
6	i -я альтернатива значительно предпочтительней j -той
8	i -я альтернатива явно предпочтительней j -той

На основе совокупности характеристик теплоизоляционных материалов и оценочных данных, представленных в таблице 1, заполняется матрица парных сравнений (таблица 2).

Таблица 2

Матрица парных сравнений.

	$B1$	$B2$	$B3$	$B4$
$B1$	1	6	3	8
$B2$	1/6	1	1/5	3
$B3$	1/3	1/6	1	5
$B4$	1/8	1/3	1/5	1

Из приведенных в таблице 2 численных значений, установленных на основе экспертных оценок, следует, что, например, вариант $B1$ более предпочтителен, чем вариант $B4$, по большинству показателей – теплопроводности, диапазону максимальных температур, по стойкости к кислотам, щелочам, воде, по цене и другим. Поэтому он является явно предпочтительной альтернативой варианту $B4$. По такому же принципу оценивались предпочтения для вариантов $B2$ и $B3$.

Вычисляем цены альтернатив – среднее арифметическое каждой строки матрицы по формуле:

$$C_i = N \sqrt[N]{\prod_{j=1}^N X_{ij}}, \text{ при } i = 1 \dots N.$$

В рассматриваемом случае $N = 4$. Перемножаем численные значения строк, извлекая из полученного значения корень 4 степени, и получаем:

$$C_1 = 3,46, \quad C_2 = 0,56, \quad C_3 = 1,69, \quad C_4 = 0,30.$$

Находим сумму цен вычисленных альтернатив:

$$C = \sum_{i=1}^N C_i = 3,46 + 0,56 + 1,69 + 0,30 = 6,01,$$

а затем удельные веса каждой альтернативы по формуле $S_i = C_i / C$:

$$S_1 = 3,46 / 6,01 = 0,576,$$

$$S_2 = 0,56 / 6,01 = 0,093,$$

$$S_3 = 1,69 / 6,01 = 0,281,$$

$$S_4 = 0,30 / 6,01 = 0,050.$$

Наиболее предпочтительной в таком случае является альтернатива, имеющая максимальный удельный вес, то есть вариант $B1$, а именно кремнеземная вата «Эковул». Она используется для высокотемпературной изоляции труб, печей, топок. Основной сферой применения кремнеземной ваты является теплоизоляции различных нагреваемых объектов от высоких температур, особенно в труднодоступных местах, где трудно проложить рулонную изоляцию.

Следующим по предпочтению является вариант $B3$ – «Теплоизол КС 50», имеющий значительные преимущества по цене.

Для более полного и объективного обоснования принятого решения поставленной задачи возможно привлечение и других экспертов с последующим использованием методов системного анализа при выборе окончательного варианта.

1. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - <https://base.garant.ru/2321317/>.
2. СанПиН 2.2.4.548-96. Санитарные правила и нормы. "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений" (Утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ 1996 г. № 21 от 1 октября 1996 г.) - <https://base.garant.ru/4173106/>.
3. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993.
4. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. – М.: Либроком, 2009.
5. Ногин, В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде. Количественный подход [Текст] / В. Д. Ногин. - 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. -176 с.

Семерник И.В., Самонова К.В.

Численное исследование помехозащищенности подводной беспроводной оптической системы связи при изменении дальности соединения

*АО «ЮЖМОРГЕОЛОГИЯ»
(Россия, Геленджик)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-411

Аннотация

В настоящей работе на основе численного моделирования продемонстрирована потенциальная возможность реализации многоканальной системы подводной беспроводной оптической связи. Показано, что при длине канала связи до 200 метров может быть реализована одновременная трансляция до четырех информационных каналов без применения частотного или временного мультиплексирования.

Ключевые слова: подводная связь, оптическая связь, беспроводная связь, моделирование канала связи, динамический хаос, хаотическая связь.

Abstract

In this paper, based on numerical modeling, the potential possibility of implementing a multi-channel underwater wireless optical communication system is demonstrated. It is shown that with a communication channel length of up to 200 meters, simultaneous broadcasting of up to four information channels can be realized without the use of frequency or time multiplexing.

Keywords: underwater communication, optical communication, wireless communication, communication channel modelling, dynamical chaos, chaotic communication.

Подводная беспроводная оптическая связь в настоящее время привлекает значительное внимание исследователей, проектировщиков и эксплуатантов подводного оборудования и технических средств благодаря существенным преимуществам, которые присущи оптической связи. Основным преимуществом является высокая скорость передачи данных (от нескольких Мб/с до единиц Гб/с в зависимости от расстояния) под водой на умеренных расстояниях (до 150 м), что недоступно для подводных акустических и электромагнитных систем связи [1, 2].

В связи с этим задача исследования подводных беспроводных оптических систем связи, в том числе направленных на увеличение скорости и дальности соединения, является очень актуальной.

В настоящей статье на основе численного моделирования системы подводной беспроводной оптической связи исследуется возможность обеспечения соединения с одновременной передачей нескольких каналов (связи с несколькими абонентами) без применения частотного и временного мультиплексирования. В основе предлагаемого подхода

лежит применение особенностей динамического хаоса для разделения нескольких одновременно транслируемых каналов в условиях беспроводного подводного оптического канала связи с гауссовым шумом.

Для точного определения параметров модели на этапе инициализации задаются длина волны оптического сигнала, глубина расположения канала связи, размеры анализируемой области пространства, внутри которой расположены передатчик и приемник.

На основе введенного значения глубины расположения канала связи определяется значение коэффициента преломления воды, температура и соленость воды. Коэффициент преломления определяется в соответствии с данными о солености и температуре воды.

Моделирование осуществляется для следующих типов воды: чистая океанская вода и вода в прибрежной зоне [1]. Перечень и значения параметров модели системы подводной беспроводной оптической связи приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры модели.

Наименование параметра	Значение параметра
Акватория	Черное море [3]
Период времени	Лето [3]
Глубина расположения канала связи	30 м
Длина волны оптического сигнала	518 нм
Модель рассеяния	Функция Хенъи-Гринштейна, $g = 0,9185$ [4]
Концентрация хлорофилла	0,006 г/м ³ [5]
Тип источника оптического излучения	Светодиод
Мощность источника	1 Вт
Угол обзора фотодетектора (FOV)	40°
Диаметр линзы фотодетектора	10 мм

Определение выходного сигнала канала связи выполнено путем свертки входного сигнала и импульсной характеристики канала связи. Импульсная характеристика канала связи определена с помощью метода численного решения уравнения переноса излучения с применением метода Монте Карло [6, 7]. При осуществлении моделирования учтены основные источники фонового шума в канале связи: излучение абсолютно черного тела и фоновый свет [1].

В настоящей работе рассматриваются следующие методы модуляции, основанные на корреляционном приеме хаотического несущего колебания: хаотическая амплитудная манипуляция (СООК) [8, 9] и переключение хаотических режимов [10-12].

Хаотическая амплитудная манипуляция (СООК) подразумевает, что при каждой передаче логической «1» в эфир излучается один и тот же фрагмент хаотического сигнала. В случае передачи логического «0» излучение отсутствует. На приемной стороне осуществляется корреляционная обработка принимаемого сигнала для восстановления передаваемой информации.

Метод переключения хаотических режимов предполагает, что в случае передачи логической «1» в эфир излучается фрагмент одного хаотического сигнала, а при передаче логического «0» – фрагмент иного хаотического сигнала, ортогонального первому.

В качестве несущих сигналов применены фрагменты (импульсы) хаотических колебаний, сгенерированных с помощью системы уравнений Чуа [13] со следующими параметрами: $\alpha = 15,6$, $\beta = 28$, $m_0 = 2,18559$, $m_1 = -0,714$.

Длительность отдельного хаотического импульса, соответствующего логическому символу («1» или «0»), составляет 600 нс и содержит порядка 35 периодов хаотического колебания. Таким образом, скорость телеграфирования составляет порядка 1,7 Мбод. При этом, результаты моделирования, представленные в [14] демонстрируют теоретическую возможность повышения скорости соединения примерно в 10 раз без ухудшения качества соединения.

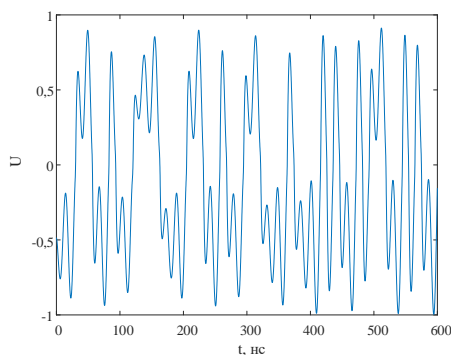


Рисунок 1. Временная реализация хаотического импульса.

Помехозащищенность оценивается с помощью доли ошибок на бит (BER), определенной путем анализа распространения через канал связи сигналов, модулированных тестовой последовательностью длиной 10 000 бит, и побитового сравнения демодулированной последовательности с исходной. При этом доля ошибок на бит рассчитана как количество ошибочно принятых бит, разделенное на общее количество переданных бит.

На рисунках 2 и 3 показана зависимость доли ошибок на бит (BER) от дальности соединения для случая одновременной передачи от одного до четырех информационных сигналов через канал связи, образованный чистой океанской водой и прибрежной водой соответственно.

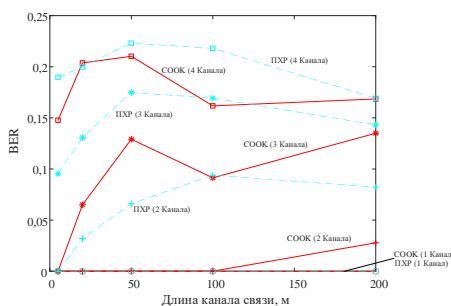


Рисунок 2. Зависимость доли ошибок на бит от дальности соединения для канала связи, образованного чистой океанской водой.

Из полученных результатов видно, что для случая формирования канала связи чистой океанской водой при осуществлении трансляции только одного канала связи вне зависимости от длины канала ошибки при передаче информации отсутствуют для обоих рассматриваемых вариантов модуляции. Для случая одновременной трансляции двух и более каналов наблюдается возникновение ошибок при передаче данных как для короткого (5 м), так и для длинного (200 м) канала связи.

Добавление каждого нового одновременно транслируемого канала приводит к удвоению доли ошибок на бит для обоих рассматриваемых типов модуляции.

В случае трансляции только одного информационного сигнала имеет место безошибочный прием и детектирование информации. При этом для случая формирования канала связи в прибрежной воде безошибочный прием имеет место также и при одновременной трансляции двух независимых информационных сигналов.

Загибание кривой графика (Рис. 2) и, как следствие, незначительное уменьшение величины доли ошибок при увеличении дальности может являться следствием ослабления эффекта межсимвольной интерференции из-за сильного ослабления рассеянного света, достигшего приемника не по прямой траектории, при большой протяженности канала связи.

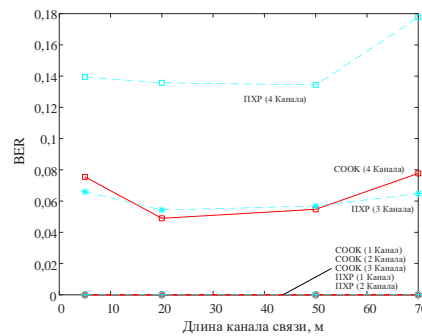


Рисунок 3. Зависимость доли ошибок на бит от дальности соединения для канала связи, образованного прибрежной водой.

Следует также отметить, что даже при одновременной трансляции четырех информационных сигналов без применения частотного или временного мультиплексирования имеет место стабильный прием и детектирование информации, что позволяет рассматривать хаотические импульсы в качестве перспективного носителя информации при передаче данных через подводный беспроводной оптический канал связи. Применение методов помехоустойчивого кодирования информации позволит дополнительно снизить величину ошибок при детектировании данных за счет снижения скорости соединения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (проект № МК-2283.2022.4).

1. Hemani Kaushal, Georges Kaddoum. Underwater Optical Wireless Communication // IEEE Access, 2016, Vol. 4, pp. 1518-1547.
2. Semernik I., Samonova Ch. Prospects for the development of an extended-range wireless underwater optical data transmission system based on dynamical chaos // Proceedings of 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, 2022. Saint-Petersburg. pp. 1-6.
3. Электронный ресурс: <http://www.bruo.ru/pages/120.html>.
4. Sahu S.K., Shanmugam P. A theoretical study on the impact of particle scattering on the channel characteristics of underwater optical communication system // Optics Communications. 2018. Vol. 408. pp. 3-14.
5. Электронный ресурс: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/chlorophyll-in-transitional-coastal-and-3/assessment>.
6. Lerner R.M., Summers J.D. Monte Carlo description of time- and space-resolved multiple forward scatter in natural water // Appl. Opt. 1982. Vol. 21. pp. 861-869.
7. Semernik, I.V., Khekert, E.V., Bender, O.V., Tarasenko, A.A., Samonova, C.V. Modeling of the Chaotic Signals Propagation Through a Wireless Underwater Optical Communication Channel // Applications in Electronics and Computing Systems. AECs 2022. Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol. 971. Springer, Cham.
8. Nguyen X. Q., Vu V. Y., Thang M. H. Ultra-Wideband Chaotic On-off Keying Modulator and Demodulator: Design and Simulation // The First International Workshop on Nonlinear Systems and Advanced Signal Processing IWNSASP-2010, HoChiMinh City, Vietnam. 2010, September 15-17. pp. 157-163.
9. Sathiyamurthi P., Ramakrishnan S. Speech encryption using chaotic shift keying for secured speech communication // J Audio Speech Music Proc. 2017. Vol. 20.
10. Karimov T., Rybin V., Kolev G., Rodionova E., Butusov D. Chaotic Communication System with Symmetry-Based Modulation // Applied Sciences. 2021. Vol. 11(8):3698.
11. Караваев А.С., Кульминский Д.Д., Пономаренко В.И., Прохоров М.Д. Экспериментальная система скрытой передачи информации на генераторе с запаздывающей обратной связью с переключением хаотических режимов // Письма в ЖТФ. 2015. т. 41. вып. 1, С. 3-11.
12. Земляной О.В. Передача информации на основе манипуляции спектром широкополосного хаотического сигнала // Радиофизика и электроника. 2015, т. 6 (20). № 3. С. 72-78.
13. Приходько И.А., Второв В.Б., Скакун А.Д., Васильев Е.А. Подавление хаотических колебаний системы Чуа // Международная научная конференция по проблемам управления в технических системах. 2021. Т. 1. С. 95-98.
14. Semernik I.V., Bender O.V., Tarasenko A.A., Ch.V. Samonova. Analysis and Simulation of BER Performance of Chaotic Underwater Wireless Optical Communication Systems // Russian Journal of Nonlinear Dynamics, 2023, Vol. 19, no. 1, pp. 137-158.

Соколов Н.С.

Воздействие сверхвысокочастотных процессов для устройства буринъекционных свай

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

ООО НПФ «ФОРСТ»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-412

Аннотация

Эффективность повышения несущей способности основания фундаментов находится под пристальным вниманием, особенно в связи с увеличением объемов капитального строительства на площадках, расположенных в сложных геотехнических условиях и с наличием в их основаниях инженерно-геологических элементов со слабыми физико-механическими характеристиками. Использование буринъекционных свай, устраиваемых с использованием нестандартных физических процессов, в большинстве случаев успешно решает многие сложные и нетипичные геотехнические проблемы. Эффект радиогидравлического удара в геотехническом строительстве известен, но почти не применяется. Требуется большая исследовательская работа по использованию его в части создания установок, а также разработки конкретных технологий с привязкой к типам грунтов.

Ключевые слова: геотехническое строительство, физические процессы, микроволновое излучение, буринъекционная свая, радиогидравлика.

Abstract

The effective increasing of the bearing capacity for foundation base attracts close attention, especially in view of the increasing volume of permanent construction on sites with hard geotechnical conditions and presence of engineering and geological elements with poor physical and mechanical characteristics in their base. The use of bored injection piles, constructed using non-typical physical processes, successfully solves many complex and uncommon geotechnical issues in most cases. The effect of radiohydraulic shock in geotechnical construction is known but hardly applied. An extensive research work is required to use it in relation to installations construction, as well as to the development of specific technologies with reference to soil types.

Keywords: geotechnical construction, physical processes, microwave radiation, bored injection pile, radiohydraulics

Одним из интересных способов применения микроволнового излучения для решения задачи укрепления свай и близких к ним задач является «термическое укрепление грунта». Под этим понимаются технологии устройства оснований зданий и сооружений посредством термического укрепления грунта с помощью мобильных сверхвысоких частот (СВЧ) установок нагревающих грунт до стадии плавления.

Способ включает в себя образование лидерной скважины, размещение в ней излучателя СВЧ-энергии, тепловое воздействие на окружающий скважину массив грунта в два этапа в течение заданного времени, извлечение из скважины и заполнение ее материалом, причем на первом этапе теплового воздействия ведут нагревание грунта до температуры, равной 150 оС, с наименьшей мощностью излучения (15,0-17,2) кВт, а на втором - при наибольшей мощности излучения (50,0 кВт) с нагревом грунта до температуры, равной 1000о С. Во время теплового воздействия осуществляют возвратно-поступательное перемещение излучателя вдоль скважины [1, 2, 3].

Предшественником данного способа является способ термического упрочнения грунтов, предусматривающее устройство лидерной скважины, нагнетание в скважину продуктов сгорания топлива, в результате чего образуется термически упрочненная грунтовая свая, а лидерная скважина заполняется инертными материалами или бетоном.

Наиболее близкий к предлагаемому способу по технической сущности и достигаемому эффекту является способ термического укрепления, преимущественно в виде свай, включающей образование лидерной скважины, размещение в ней излучателя СВЧ-энергии, тепловое воздействие на окружающий скважину массив грунта в два этапа в течение заданного времени, извлечение излучателя из скважины и заполнение материалом. Однако в этом способе нагревание массива грунта от внешнего контура производят при частоте 500,0 МГц, что вызывает нагрев до 350-400^оС. В этом случае происходит резкое удаление воды из пор грунта, что может привести к нарушению целостности скважины. Кроме того, в этом способе излучатель СВЧ-энергии в процессе воздействия на грунт через стенки скважины полем СВЧ-энергии остается неподвижным, что значительно уменьшает равномерность и скорость нагрева массива (таблица).

Этапы термического закрепления основания фундаментов приведены ниже:

Первый этап. На этом этапе производится бурение лидерной скважины, диаметром 300,0 мм на глубиной 5,0 м. В забой скважины устанавливают волновод с излучателем, а отверстие герметизируют плитой с патрубком для подсоединения вакуумнонасоса и отверстием для размещения волновода.

Второй этап. Производится подсушка массива грунта через стенку буровой скважины. На этом этапе нагревается грунт основания до температуры, равной 150^оС, при этом минимальная мощность составляет 15,0-17,2 кВт с одновременным перемешиванием источника энергии.

Третий этап. После второго этапа (этап подсушки) волновод опускают в исходное положение (забой скважины) и при равномерном нагреве грунта до температуры 1000^оС и при максимальной мощности 50,0 кВт. Производится термообработка массива грунта через стенку скважины с одновременным перемещением источника энергии снизу-вверх.

Четвертый этап. После термообработки массива грунта волновод удаляют из скважины. Производится герметизация устья буровой скважины и выдержка нагретого массива грунта с последующей разгерметизацией и заполнением скважины инертным материалом или бетоном.

Использование способа термического укрепления грунта обеспечивает, по сравнению с существующими способом, высокое качество за счет равномерной термообработки массива грунта, возможность дистанционного управления термической обработкой и автоматизации этого процесса. Предлагаемый способ сокращает длительность процесса и снижет расход энергии.

В [1] предложен способ изготовления свайных оснований с помощью термического укрепления грунта. Термическое укрепление грунтов основано на его нагреве, вызывающем необратимые изменения вещественного состава и физико-механических свойств. В 1920-х гг. появились машины и оборудование для термообработки грунтов на строительной площадке. Твёрдое углеводородное топливо, используемое ранее для обжига грунтовых смесей и изделий, было дополнено жидким и газообразным, сжигаемым в специальных горелках. Плотность теплового потока удалось повысить до $5 \cdot 10^4$ Вт/м². Наибольшее практическое внедрение получило глубинное термоупрочнение лёссовых грунтов по «способу Литвинова», значительно модернизированному за пятьдесят лет [1].

С 1950-х гг. стали использоваться электротопливные горелки, ВЧ- и СВЧ-генераторы, плазмотроны и т.п. При этом плотность теплового потока удалось увеличить до $5 \cdot 10^4$ Вт/м², а температуру теплоносителя до $10 \cdot 10^3$ К и более. Плазменный нагрев позволяет воздействовать на материалы и вещества энергией высоких концентраций, высокими и сверхвысокими температурами, непосредственно электрическим и магнитным полями. Физико-химические процессы в условиях низкотемпературной плазмы протекают за доли секунды, т.е. исходные вещества превращаются в необходимые продукты с предельной скоростью, характерной для данного процесса.

В процессе плазменной термообработки грунты проходят шесть стадий термических преобразований: осушение (дегидратация); нагрев минеральной части (дегидроксиляция); обжиг (спекание); плавление (аморфизация); нагрев расплава (дегазация и гомогенизация);

охлаждение и твердение расплава. Коагуляционный тип структурных связей, преобладающий в исходных грунтах, превращается в криптокристаллизационный, придавая термогрунтам ряд необратимых позитивных строительных свойств. В процессе нагрева до $(2,5 - 2,8) \cdot 10^3$ К одновременно происходит интенсивное газовыделение с гомогенизацией силикатного расплава. Плавленый грунт приобретает однородность состава, физических и механических свойств [1].

Физико-механические свойства термогрунтов после четвёртой стадии термического воздействия в меньшей степени зависят от химико-минералогического состава исходного грунта. В первую очередь эти свойства определяются режимом и условиями охлаждения материала на шестой стадии. Быстрое охлаждение недопустимо, так как ведёт к возрастанию термических напряжений, вызывающих микро- и макродефекты структуры плавленого грунта. Отличительной особенностью плавленных грунтов является не только высокая прочность, но и долговечность, оцениваемая по водо- и морозостойкости и стойкости к воздействию агрессивных сред.

Основное преимущество плазменного нагрева - высокая плотность теплового потока, что вызывает быстрое оплавление обрабатываемой поверхности со снижением фильтрации газов в грунт. Расположение плазмотронов в устье скважины, не принесло ожидаемых результатов.

Исследования показали, что при плазменном нагреве плавление фунтов начинается через 5 - 7 с. Увеличение времени нагрева свыше 30,0 – 40,0 сек снижает эффективность термообработки. Предлагаемая технология основана на принципе непрерывной и равномерной подачи малых порций грунта в зону плазменного реактора. При глубинной термообработке указанный принцип реализуется в лидерной скважине диаметром 200,0 – 240,0 мм с требуемой глубиной. Скважина служит реактором для получения силикатного расплава и формой для образования сваи. Термическое воздействие осуществляется глубинным плазмотроном, опускаемым до дна скважины. Для плазменной термообработки пригодны практически все разновидности минеральных грунтов. Грунт подаётся в зону плавления через специальный дозатор, устанавливаемый на устье скважины. Отходящие газы просушивают и частично нагревают грунт в дозаторе. По мере подачи грунта и подъёма плазмотрона скважина заполняется силикатным расплавом. Остывающий расплав передает основную часть тепловой энергии по радиусу скважины. Грунтоплавленное тело сваи спекается с грунтовым массивом через слои грунта, подвергнутого той или иной степени термической модификации [1].

Общая толщина этих слоев примерно соответствует первоначальному диаметру скважины. Для повышения несущей способности сваи устраиваются уширения. Они образуются за счёт задержки плазмотрона на заданной глубине на 4,0-7,0 мин с прекращением подачи грунта из дозатора. Затем уширение заполняется расплавом.

Производительность процесса определяется энергетической мощностью установки и, до некоторой степени (до 15 %), видом и влажностью исходного грунта. Расчёты и эксперименты позволили определить рациональные технологические параметры плазменной термообработки и снизить удельные энергозатраты до 1,5 - 1,8 кВтч/кг. Результаты экспериментально-теоретических исследований, выполненных с использованием лабораторных стендов, проверены на опытно-производственном строительстве [1]. Для этого была сконструирована и изготовлена опытная установка для глубинной термообработки грунтов на строительной площадке. Эта установка оснащена генератором низкотемпературной плазмы оригинальной конструкции длиной 3,5 м (увеличение длины не вызывает затруднений). Погружной плазмотрон работает как на переменном, так и на постоянном токе. За счёт поперечного взаимодействия многодугового разряда с плазмообразующим газом формируется «размытый» плазменный факел диаметром 150,0-170,0 мм со среднемассовой температурой $(5-6) \cdot 10^3$ К. В качестве плазмообразующего газа используется воздух. Electroды плазмотрона изготовлены из силицированного графита с высокой эрозионной стойкостью. Охлаждение электродов производится за счёт циркуляции воды в замкнутой системе с резервной ёмкостью. Энергетическая мощность генератора плавно изменяется от 60,0 до 160,0 кВт. Все системы

автономного питания размещены на грузовом прицепе в мобильной плазмобразующей станции.

Свайное поле было устроено в 1997 г. на опытной строительной площадке, грунтовый массив которой сложен суглинками тяжелыми пылеватыми полутвёрдой консистенции с коэффициентом уплотнения 0,9 - 0,92, модулем деформации грунта 5000,0 – 6000,0 кПа, коэффициентом сцепления 50,0 кПа и углом внутреннего трения 24°. Были изготовлены буронабивные и грунтоплавленные сваи длиной 1,5-2,0 м. Бетонные буронабивные сваи выполнены по известной технологии для сопоставления их несущей способности с грунтоплавленными сваями. Для изготовления грунтоплавленных свай использовался грунт, выбуренный из массива при проходке лидерных скважин. Статические испытания инъекционных свай на вертикальную вдавливающую нагрузку в свайном поле осуществлялись домкратами ДГО-50 через выравнивающий слой из цементобетона. Опорная конструкция для восприятия реактивных сил состояла из анкерных буроинъекционных свай ЭРТ с поперечной балкой. Шаг загрузки составлял 20,0 кН с необходимым интервалом на каждой ступени до затухания деформаций. Деформации замерялись индикаторами часового типа ИЧ-50 с ценой деления 0,01 мм. Нагружение каждой сваи проводилось до достижения предельной осадки 40,0 мм [1, 2].

Все грунтоплавленные сваи показали значительно большую несущую способность, чем буронабивные тех же размеров, превосходя в 2 - 3 раза [1].

После испытания свайного поля осуществили шурфование с замером всех фактических параметров каждой сваи и грунтового массива вокруг них. Результаты замеров показали, что высокая несущая способность грунтоплавленных свай объясняется уширениями и наличием слоев грунта с различным уровнем термической модификации, расположенных по периферии от тела свай из остывшего силикатного расплава.

Диаметр уширения достигал 580,0 мм, а толщина слоев модифицированного грунта – 200,0 мм и более. Влажность этих слоев оставалась на уровне 2 – 4 %, несмотря на то, что с момента изготовления свай до их обследования прошло пять месяцев, а влажность грунта в окружающем массиве составляла 20 – 24 %.

Таким образом, натурные испытания буроинъекционных свай, полученных способом плазменной термообработки грунтов до стадии плавления, дали позитивные результаты.

Экономическая эффективность предлагаемой геотехнической технологии обоснована высокими прочностью, несущей способностью и долговечностью свайного основания из плавленных грунтов; пригодностью для плазменной термообработки практически всех видов местных грунтов или минеральных отходов промышленности; отказом от дорогостоящих привозных материалов и от строительства и содержания базы для изготовления этих материалов и изделий; возможностью круглосуточного и круглогодичного производства работ при сравнительно малой величине зимнего удорожания; относительно высоким КПД получения тепловой энергии и всего технологического процесса; экологической чистотой технологического процесса; мобильностью и автономностью установки для плазменной термообработки грунтов [1].

Общая стоимость строительства свайных оснований из плавленных грунтов складывается из затрат: на подготовительные работы (бурение скважин, подготовка грунта); на приобретение топлива для передвижной электростанции; на приобретение электродов для плазмотрона; на оплату труда обслуживающего персонала (2 чел.); на отчисления для ремонта и восстановления оборудования.

Предварительные конструкторские проработки показали, что вся плазменная установка может быть размещена на платформе грузового автомобиля грузоподъемностью 120,0 кН. Генератор для энергопитания установки может иметь привод от двигателя этого автомобиля. Погружной плазмотрон монтируется на выдвижной стреле с системой гидравлики.

Изготовление оснований из грунтоплавленных свай рекомендуется, в первую очередь, при строительстве зданий малой этажности, при реконструкции зданий, высокой агрессивности грунтовых вод, большой рассредоточенности малых объектов, отсутствии развитой базы

строительной индустрии и т.д. Экономическая эффективность предлагаемых решений зависит от конкретных условий строительства. Техничко-экономические расчеты показывают, что изготовление оснований из грунтоплавленных свай может быть в 1,5-3,0 раза дешевле, чем применение традиционных технологий, материалов и конструкций [1].

В работе [3], выполненной в Уральском филиале Московского государственного автомобильно-дорожного института в сотрудничестве с Томским государственным архитектурно-строительным университетом предлагается вместо традиционных способов нагрева грунтов, укрепленных силикатами, для интенсификации процесса их твердения использовать нагрев с помощью энергии СВЧ, что позволило добиться более интенсивного нарастания температуры при большей равномерности нагрева.

Грунты, укрепленные силикатами, приобретают достаточную прочность, водо- и морозостойкость, что позволяет применять их как для укрепления верхних слоев земляного полотна, так и для строительства конструктивных слоев дорожной одежды. Основная идея способа силикатизации заключается во введении в грунт двух химических веществ, реакция которых дает нерастворимый осадок, заполняющий трещины и пустоты. В качестве одного из таких растворов используется раствор силиката натрия, в качестве второго - растворы солей двух- и трехвалентных металлов, из которых наиболее экономичен и доступен хлористый кальций. На контакте растворов жидкого стекла и хлористого кальция вследствие коагуляции образуется пленка кремниевой кислоты, через которую в раствор хлористого кальция диффундирует щелочь. Обедненное щелочью жидкое стекло постепенно переходит в гидрогель кремниевой кислоты. С увеличением мелких частиц в грунте возрастает прочность. Эта зависимость прочности от дисперсности грунта определяется величиной суммарной поверхности частиц грунта и количеством вяжущего вещества. Водопроницаемость грунта после силикатизации резко снижается, поэтому практически закрепленный грунт можно считать водонепроницаемым. При замораживании силикатированный грунт теряет прочность незначительно, наблюдающееся понижение прочности надо отнести за счет притекания воды в остаточные поры закрепленного грунта и, частично, за счет набухания самого геля кремнекислоты [3]. Набор прочности грунтов, укрепленных силикатами, происходит аналогично грунтам, укрепленным другими минеральными вяжущими. Так, прочность при сжатии силикатированного грунта в возрасте одних сут. достигает 45,0 - 50,0%, а в возрасте семи сут. - 75% общей прочности. К 28 сут. процесс набора прочности грунта, укрепленного силикатами, заканчивается.

Подобные преимущества энергии СВЧ нашли применение, например, в дорожной отрасли при ремонте асфальтобетонных покрытий. Исследования проводились на суглинистых грунтах при их укреплении жидким стеклом и добавкой хлористого кальция, с последующей обработкой СВЧ [4]. Показано, что при укреплении грунта силикатами с применением энергии СВЧ в возрасте семи сут. прочность при сжатии увеличивается при повышении концентрации жидкого стекла и уменьшении количества отвердителя в среднем 1,5 раза по сравнению с укрепленным грунтом, не обработанным энергией СВЧ. Максимальное значение прочности достигается при концентрации силиката натрия 1,1 г/см³ и количестве отвердителя 40%, тогда как максимальное значение плотности получено при концентрации силиката натрия 1,2 г/см³ и количестве отвердителя 40,0%.

В работе [4] рассмотрены мобильные опытно-промышленные СВЧ-установки. Представленная в этой работе мобильная СВЧ-установка для изготовления термообработанных грунтовых блоков. Установка состоит из двух модулей (формовочного устройства и обжиговой печи), смонтированных на передвижных платформах, и оснащена энергетическим оборудованием, устройствами перемещения, узлом защиты от излучения, системой автоматизированного управления. Сформованный грунтовый блок поступает по транспортёру на рольганг обжиговой печи, представляющей собой стальную трубу наружным диаметром 1420,0 мм с теплоизоляцией. В печи происходит сушка и нагрев блока до температур 950,0°–1100,0°С, затем он поступает в приёмную камеру. Мобильная СВЧ-установка для

термообработки грунтовых массивов может размещаться внутри быстровозводимого здания модульного типа.

Мобильная СВЧ-установка для термообработки грунтовых массивов на месте их залегания состоит из энергетического узла, механизма перемещения и базового большегрузного автомобиля с металлическим кузовом. Энергетический узел представляет собой источник СВЧ-излучения, оснащенный волноводами прямоугольного и круглого сечения, щелевыми и рупорными излучателями, а также механизмом вращения, позволяющим вращать секции волновода вокруг своей оси [5 – 8].

Механизм перемещения представляет собой устройство для перемещения энергетического узла в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Он состоит из опорной рамы, каретки, направляющей каретки, механизма подъема и приводного вала. Каретка с установленным на ней СВЧ-генератором имеет возможность перемещаться по вертикали на 1000,0 мм, по горизонтали – на 562,0 мм, максимальный угол поворота в горизонтальной плоскости составляет 50,0°С.

Помимо ранее рассмотренных способов применения МИ можно рассмотреть в качестве перспективного использование радиогидравлического эффекта.

В работе [3] описан эффект формирования ударных волн в несжимаемых жидкостях при поглощении мощных СВЧ-импульсов.

В 1957–1959 годах в СССР начались исследования по созданию управляемых термоядерных реакторов. Один из рассматриваемых тогда методов удержания и разогрева активной области реактора до температур, необходимых для начала термоядерной реакции, заключался в ее облучении несколькими сверхмощными СВЧ-источниками. Для реализации такого проекта был необходим генератор СВЧ-излучения, способный в одном импульсе излучать энергию порядка 10,0 кДж.

Подобный генератор мог строиться на клистронах с длительностью импульса 1,0-2,5 мкс, в то время как у существовавших тогда генераторов длительность импульса составляла 10,0–2,0 мкс.

Для решения данной геотехнической задачи создавались мощные клистроны "Аметист" с выходной мощностью 5,0 МВт и длительностью импульса 2,0 мс с периодом повторения 10,0 с.

В ходе работ были получены экспериментальные подтверждения нового "радиогидравлического" эффекта. Он заключался в том, что при облучении жидкости радиоимпульсами большой энергии в ней возникают мощные гидравлические волны.

Физика предполагаемого явления представлялась достаточно очевидной. Известно, что при кратковременном выделении значительной энергии в жидкости, например, в воде, благодаря ее практической несжимаемости возникает гидродинамический удар.

Характерный пример – разрушение при выстреле герметичной полостью заполненной водой бочки. В этом случае при резком торможении пули в воде возникает гидромеханический эффект.

Аналогичный ему гидроэлектроискровой эффект проявляется при пропускании импульсов тока между погруженными в воду электродами.

Соответственно, если в водяной нагрузке выделить СВЧ-импульс большой энергии, то в результате теплового расширения воды произойдет заметное изменение ее объема, что приведет к гидравлическому удару.

Был поставлен и прямой эксперимент, демонстрирующий радиогидравлический эффект. В качестве источника СВЧ-энергии использовался СВЧ-генератор мезонной фабрики на клистроне "Соболь". В эксперименте нагрузка представляла собой стеклянную емкость с водой, помещенную в волноводе. Один из концов этой емкости прикрывался латунной мембраной, вплотную к которой прислонялся стальной шарик. При подаче СВЧ-импульсов (1,0–1,5 МВт, 120,0 мкс) ударная гидравлическая волна воздействовала на мембрану, в результате чего она перемещалась на 0,01 мм и толкала шарик. По его перемещению определялось давление на мембрану, составившее порядка 30,0 атм [5, 6, 7, 8].

Выводы:

1. Геотехническое строительство обладает громадным арсеналом технологий и оборудования к ним. При этом использование физических принципов улучшения свойств грунтов слабых оснований является приоритетной задачей для целей освоения подземного пространства [9, 10].
2. Использование радиогидравлического удара при высоких значениях СВЧ создает дополнительные возможности улучшения работы геомассива в целом и в совместной безаварийной работы основания с возводимым сооружением, а также оснований объектов окружающей застройки.
3. Эффект радиогидравлического удара в современном геотехническом строительстве почти не применяется. Требуется большая исследовательская работа по использованию его в части создания установок, а также разработки конкретных технологий с привязкой к типам грунтов.

1. Сиротюк В.В., Архипов В.А. Технология изготовления грунтоплавленных свай на строительной площадке с помощью генератора низкотемпературной плазмы // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1999. № 6.
2. Миронов А.А., Новосельцев М.Г., Базуев В.П. Интенсификация твердения силикатированных грунтов с помощью энергии СВЧ. Повышение качества материалов дорожного и строительного назначения. Материалы научно-технической конференции Омск: СибАДИ, 2001. С. 146-150.
3. Синько А.С. Анализ и совершенствование технологии организации строительства зданий и сооружений магистральных газопроводов с использованием технической мелиорации грунтов. Дисс... магистр. Томск. 2016. 98 с.
4. Шавшукова С.Ю. Исторические этапы развития микроволновой техники для научных исследований и промышленных процессов. Дисс.. д-р техн. наук. Уфа. 2008. 322 с.
5. Рахманкулов Д. Л., Шавшукова С. Ю., Вихарева И. Н. Применение энергии микроволн в горном деле. Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы Международной научно-технической конференции. Уфа: УГНТУ, 2008. Вып 3. С. 80–84.
6. Рахманкулов Д. Л., Шавшукова С. Ю., Вихарева И. Н., Чанышев Р.Р. Опыт применения энергии микроволн в горном деле // Башкирский химический журнал. 2008. Т. 15. № 2. С. 114 – 117.
7. Рахманкулов Д. Л., Шавшукова С. Ю., Вихарева И. Н. Исторические аспекты создания и развития микроволновой спектроскопии // История науки и техники. 2008. № 6, спец. вып. 3. С. 61–67.
8. Петров В.М. Новые применения радиоэлектроники: разупрочнение горных пород мощным электромагнитным полем СВЧ // Радиоэлектроника и телекоммуникации. 2002. № 3.
9. Соколов Н.С. Электроразрядная технология усиления оснований // Жилищное строительство. 2021. № 9. С. 36–42. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-9-36-42>.
10. Соколов Н.С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены // Жилищное строительство. 2021. № 12. С. 23–27. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-12-23-27>.
11. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
12. Sokolov N.S. Pushkarev A.E., Evtiukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019. 2019. С. 347-350.
13. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай ЭРТ с множественными уширениями. Жилищное строительство. 2017. №9. С. 25-28.
14. Соколов Н.С. Викторова С.С. Смирнова Г.М. Федосеева И.П. Буроинъекционная свая ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция. Строительные материалы. 2017. №9, С. 47-49.

Соколов Н.С.

Конструкции усиления оснований

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

doi: 10.18411/trnio-11-2023-413

Аннотация

Обеспечение надёжной эксплуатации высокоскоростных магистралей является важной геотехнической задачей. Для обеспечения нормируемых значений осадок дорожного полотна при наличии в основаниях слабых инженерно-геологических элементов особенно актуальны

вопросы увеличения их несущей способности. Для этого современное строительство обладает рядом геотехнических технологий, как правило, к ним относятся заглубленные железобетонные конструкции, погружаемые в грунт в готовом виде или изготавливаемых в грунте.

Ключевые слова: высокоскоростная магистраль, заглубленные железобетонные конструкции, буроинъекционные сваи, электроразрядная технология ЭРТ.

Abstract

Ensuring reliable operation of highways is an important geotechnical challenge. In order to ensure rated values of roadbed settlements in presence of weak engineering and geological elements in the foundations, the issue of increasing their bearing capacity is especially crucial. In this regard, the modern construction industry has a number of geotechnical methods, typically including buried reinforced concrete structures, either sunk prefabricated or manufactured in the ground.

Keywords: highway, buried reinforced concrete structures, bored injection piles, discharge-pulse technology (DPT).

Строительство любых объектов на слабых основаниях требует особых подходов, связанных с увеличением прочности и уменьшением их деформативности [1 - 9]. Используя современные отечественные геотехнические технологии возможно решение задач увеличения несущей способности слабых оснований [10, 11, 12, 13, 14, 15].

Высокоскоростные магистрали относятся к наиболее ответственным объектам, к которым предъявляются минимальные предельно-допустимые осадки $S_u = 15,0$ мм. При этом в их основаниях очень часто присутствуют инженерно-геологические элементы с повышенными значениями деформационных характеристик и слабыми прочностными свойствами.

В настоящей статье рассматривается случай проектного усиления слабых оснований (ВСМ) на участке Москва - Нижний Новгород.

Проектируемая трасса высокоскоростной магистрали проходит в пределах Волго-Уральского свода.

Исследуемый участок строительства относится к территориям со сложными инженерно-геологическими условиями.

В течение четвертичного времени различные части рассматриваемой территории находились в различных климатических условиях 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 территории – морские лиманные отложения. В толще четвертичных отложениях находятся торф, кирпичные глины, песок, песок с прослоями гравия, суглинки и глины (в надпойменных террасах Волги, Суры и Цивиля).

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 составляет от 2 до 3 м и может достигать до 10 м. На отдельных участках, где развиты болотные отложения, непосредственно с поверхности залегают болотные воды.

С целью выбора варианта усиления слабых оснований рассмотрены оба участка трассы, под которые запроектированы насыпи типов №№ 3 и 4. Инженерно-геологических оснований

насыпей приведены в таблицах №№ 1 и 2, а на рисунках 1 и 2 – вертикальная привязка насыпей в инженерно - геологический разрез.

Таблица 1

Физико-механические характеристики грунтов основания под насыпью типа 3.

№№ п/п	Условные обозначения	Наименование ИГЭ	ρ_n г/м ³	φ_n , град	C_n , кПа	E_0 , МПа	K_f , м/сут	Толщина ИГЭ, м
1	11б2	Песок мелкий средней плотности, влажный, водонасыщенный	2,0	35,0	—	25,7	3,4	3,0
2	11е2	Супесь пластичная	1,05	24,0	25,0	25,4	3*10-3	2,0
3	21з3	Глина тугопластичная	1,76	12,0	38,0	6,0	1*10-5	1,0
4	21з2Н	Глина полутвёрдая	1,74	13	46	18	1*10-5	2,5
5	24ч7	Доломит очень (низкопрочный)	2,12	—	—	—	0,005	

Таблица 2

Физико-механические характеристики грунтов основания под насыпью типа 4.

№№ п/п	Условные обозначения	Наименование ИГЭ	ρ_n г/см ³	φ_n , град	C_n , кПа	E_0 , МПа	K_f , м/сут	Толщина ИГЭ, м
1	3ж4	Суглинки мягкопластичные с примесями органических включений	1,94	17,0	18,0	11,2	0,05	2,0
2	20ж4	Суглинок мягкопластичный	1,94	4,0	18,0	5,18	3*10-4	1,0
3	20б2	Песок мелкий средней плотности, водонасыщенный	2,00	36,0	4,0	37,0	4,0	2,5
4	20з1Н	Глина твёрдая	1,95	16	66	39,0	1*10-5	

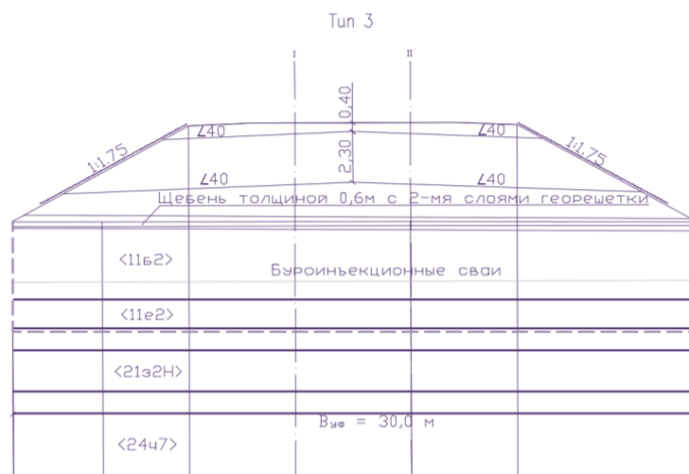


Рисунок 1. Разрез дорожного полотна с вертикальной привязкой в инженерно-геологический разрез

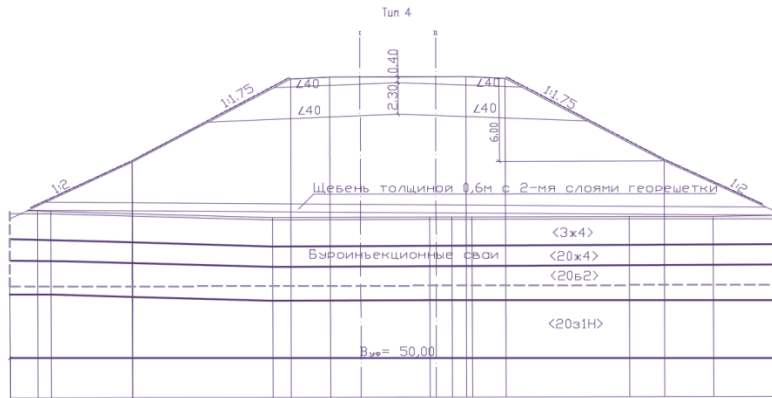


Рисунок 2. Поперечный разрез дорожного полотна типа 4 с вертикальной привязкой в инженерно-геологический разрез

Алгоритм определения осадок насыпей высокоскоростных магистралей при наличии в основаниях слабых оснований приведён ниже.

1. Определение нагрузок от подвижного состава опорных конструкций, от междупутья, тела насыпи на уровне её подошвы;
2. Определение стабилизированной осадки одним из методов: 1) метод послойного суммирования, 2) метод линейно-деформируемого слоя конечной толщины, 3) метод эквивалентного слоя;
3. При расчётных осадках оснований выше предельно допустимой величины, назначается глубина усиливаемой части основания;
4. Назначается тип заглубленной железобетонной конструкции;
5. Определяется среднее давление $P_{II\text{mt}}$ по подошве условного фундамента и величина стабилизированной осадки одним из методов (см. поз. 2);
6. Определяется время стабилизации деформаций основания для случая нагружения поверхности основания сплошной (интенсивностью равномерно-распределённой нагрузкой $P_{II\text{mt}}$).

Ниже в таблицах №№ 3, 4 приведены геотехнические расчёты стабилизированных деформаций оснований типов №№ 3 и 4, а в таблице №5 – алгоритм определения стабилизированной осадки этих же оснований методом эквивалентного слоя (МЭС).

Необходимость определения осадки МЭС заключается в том, что при превышении нормируемых осадок выше предельно допустимой величины производится расчёт времени.

Таблица 3

Сравнительные расчеты осадок разными методами.

№ п/п	Метод расчета осадки	Формула расчета осадки	Величина стабилизированной осадки, мм
1	2	3	4
1	Метод послойного суммирования	$S=0,8\sum[(\sigma_{zpi} \cdot h_i)/E_{0i}]$	85,0 73,0
2	Метод линейно-деформируемого слоя конечной толщины	$S=(P \cdot b_{kc}/k_m) \cdot \sum[(k_i - k_{i-1})/E_{0i}]$	78,0 69,5
3	Метод эквивалентного слоя	$S=h_s \cdot m_{vm} \cdot P_0$	69,5 58,0

Примечания: значения над чертой для насыпи типа №3; значения под чертой для насыпи типа №1

Таблица 4

Сравнительные расчеты осадок разными методами.

№ п/п	Метод расчета осадки	Формула расчета осадки	Величина стабилизированной осадки, мм
1	2	3	4
1	Метод послойного суммирования	$S=0,8\sum[(\sigma_{zpi} \cdot h_i)/E_{0i}]$	14,8 13,8
2	Метод линейно-деформируемого слоя конечной толщины	$S=(P \cdot b_{ке}/k_m) \cdot \sum[(k_i \cdot k_{i,1})/E_{0i}]$	13,0 14,9
3	Метод эквивалентного слоя	$S=h_3 \cdot m_{vm} \cdot P_0$	14,5 12,8

Примечания: значения над чертой для насыпи типа №3; значения под чертой для насыпи типа №4

Таблица 5

Алгоритм определения осадки методом эквивалентного слоя.

№ п/п	Тип насыпи	Тип основания	Наименование грунта	h_i , м	$E_{0ед}$, МПа	m_v , МПа	$k_{ф^*}$, м/сут	P_{lim} , кПа	h_3 , м	S_e , мм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1	№3	естественное P_{lim}	песок	3,5	7,3	0,101	3,4	1200	8,0	69,5			
			супесь	1,5	6,4	0,116	$3 \cdot 10^{-3}$						
			глина	1,0	1,3	0,300	$1 \cdot 10^{-5}$						
			глина	2,0	4,0	0,100	$1 \cdot 10^{-5}$						
			доломит										
		свайное P_{lim}	глина	1,0	1,3	0,300	$1 \cdot 10^{-5}$	300	3,0	14,5			
			глина	2,0	4,0	0,100	$1 \cdot 10^{-5}$						
			доломит										
			суглинок	2,0	3,2	0,194	0,05				220	15,0	58,0
			суглинок	2,0	1,5	0,413	$3 \cdot 10^{-4}$						
песок	3,0	10,6	0,070	4,0									
глина	6,5	0,062	$1 \cdot 10^{-5}$										
доломит													
свайное P_{lim}	песок	1,0	10,6	0,070	4,0	400	15,0	12,8					
	глина	6,5	0,062	$1 \cdot 10^{-5}$									
	доломит												
	суглинок	2,0	3,2	0,194	0,05				220	15,0	58,0		
	суглинок	2,0	1,5	0,413	$3 \cdot 10^{-4}$								
песок	3,0	10,6	0,070	4,0									
глина	6,5	0,062	$1 \cdot 10^{-5}$										
доломит													

- Ильичев В.А. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов / В.А. Ильичев, Р.А. Мангушев, Н.С. Никифорова // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2012. – № 2. – С. 17–20.
- Улицкий В.М. Геотехническое сопровождение развития городов / В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. – СПб.: Геоконструкция, 2010. – 551 с.
- Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. – М.: АСВ, 2009. – 550 с.
- Улицкий В.М. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям) / В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. – Изд. второе, доп. – СПб., 2012. – 284 с.
- Мангушев Р.А. Оценка влияния вдавливания шпунта на дополнительные осадки соседних зданий / Р.А. Мангушев, А.В. Гурский // Геотехника. №2 - М., 2016. Стр. 2-7.
- Мангушев Р.А. Учет жесткости конструкций «стена в грунте» на осадку соседних зданий / Р.А. Мангушев, Д.А. Сапин // Жилищное строительство. № 9. - М., 2015. Стр. 3-7.
- Мангушев Р. А. Учет технологических осадок существующих сооружений при строительстве около них новых зданий с развитым подземным пространством / Р. А. Мангушев, А. В. Гурский, Д. А. Сапин // Инженерно-геотехнические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений: сб. тр. Всерос. науч.-техн. конф. по геотехнике; СПбГАСУ. – СПб., 2017. Стр. 9-22.
- Мирсаляпов И. Т. Результаты геотехнического мониторинга несущих конструкций здания при реконструкции / И. Т. Мирсаляпов, Р. Р. Хасанов, Д. Р. Сафин // Инженерно-геотехнические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений: сб. тр. Всерос. науч.-техн. конф. по геотехнике; СПбГАСУ. – СПб., 2017. Стр. 164-169.
- Никифорова Н.С. Геотехнические отсекающие экраны для защиты зданий при устройстве коммуникационных коллекторов. III Академические чтения им. проф. А.А. Бартоломея. Фундаменты глубокого заложения и

- проблемы освоения подземного пространства. / Н.С. Никифорова, Д.А. Внуков // Мат. Международной. конф. Российская акад. архитектуры и строит. наук [и др.]. 2011. Пермь: изд-во Пермского национального исследовательского университета. Политех. ун-та, стр. 413-422.
10. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Технология устройства буроналивных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. № 9. 2016. Стр. 11-14.
 11. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай // Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34–37.
 12. Sokolov N.S. Pushkarev A.E., Evtiukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019. 2019. С. 347-350.
 13. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроналивных свай ЭРТ с многоступенчатыми уширениями. Жилищное строительство. 2017. №9. С. 25-28.
 14. Соколов Н.С. Викторова С.С. Смирнова Г.М. Федосеева И.П. Буроналивная свая ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция. Строительные материалы. 2017. №9, С. 47-49.
 15. Sokolov N.S. One of geotechnological technologies for ensuring the stability of the boiler of the pit. Key Engineering Materials, 2018. Т. 771. С. 56-69.

Соколов Н.С.

Надежность эксплуатации объекта

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

doi: 10.18411/trnio-11-2023-414

Аннотация

На практике фундаменты любого здания и сооружения вследствие их эксплуатации в сложных условиях подвержены воздействию подземных вод, промораживанию и оттаиванию и другим негативным воздействиям. С целью снижения отрицательных воздействий на них, как правило, рабочим проектом предусматриваются горизонтальная и вертикальная гидроизоляции. По истечении времени эти элементы часто выходят из строя, частично или полностью прекращая первоначально заданные параметры по исключению замачивания фундаментов. Особенно это актуально для объектов культурного наследия (ОКН), потому как требования по безаварийной эксплуатации повышенные. В статье рассматривается один из случаев технического обследования фундаментов здания Чувашского драматического театра.

Ключевые слова: объект культурного наследия (ОКН), цементация, отсечная гидроизоляция, портландцемент, скважина, пакер-кондуктор, ликвидационный тампонаж, дренаж.

Abstract

As a matter of practice, foundations of any buildings and structures are exposed to groundwater, freezing, thawing and other negative impact due to operation in tough environment. In order to reduce the negative effects on foundations, the detailed design typically provides horizontal and vertical waterproofing. As a result of aging, these components often fail and partially or completely become non-compliant to the original specification of foundation protection from wetting. This is especially relevant for cultural heritage sites because of the strict requirements for accident-free operation. The article considers a case of foundation technical inspection that took place in Chuvash State Academic Drama Theatre building.

Keywords: cultural heritage site, cement stabilization, cut-off waterproofing, portland cement, bored hole, packer and conductor, backfill, drainage.

Наиболее ответственным конструктивным элементом объекта [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16] является фундамент. Особые требования по эксплуатации предъявляются

к бутовым фундаментам. При этом как горизонтальная, так и вертикальная гидроизоляции должны быть в нормативном состоянии на весь срок службы здания и сооружения.

С целью установления категории технического состояния ОКН было организовано техническое обследование тела фундаментов и цоколя. Для этой цели было намечено и выполнено шесть шурфов, исследовались участки цокольной части колонн портика для решения следующих инженеринговых задач:

Таблица 1

Алгоритм исследования грунтов и тела фундаментов в шести шурфах.

1	<i>Обмеры для проверки геометрических параметров соответствия фундаментов проектной документации</i>
2	<i>Выявление заглубленных участков стен с применением кирпича пустотного</i>
3	<i>Выявление и фиксация дефектов и повреждений заглубленных участков стен, определение технического состояния фундаментов здания</i>
4	<i>Проверка наличия и технического состояния гидроизоляции</i>
5	<i>Инструментальная проверка влажности заглубленных строительных конструкций</i>
6	<i>Инструментальное определение прочностных характеристик заглубленных строительных конструкций</i>
7	<i>Отборы проб грунта для последующих лабораторных определений физико-механических характеристик</i>
8	<i>Оценка несущей способности тела фундаментов</i>

Ниже приведены краткие описания технического состояния тела фундаментов в открытых шести шурфах.

Шурф №1 в осях 2/(Д-Е)

Шурф выполнен с уровня пола подвала. Проходка шурфа выполнена на глубину 60,0 см ниже подошвы фундамента.

Грунты тяжело поддаются разработке, вертикальные откосы шурфа устойчивые, вода в шурфе не обнаружена. Опасных физико-геологических явлений, размывов и провалов грунтового основания, заболачивания и эрозии грунтов не выявлено.

По результатам обмеров фундамент заглублен ниже проектной отметки и соответствует исполнительной документации, габариты фундаментов соответствуют проектной документации.

Фундамент из монолитного бетона на известковом щебне, железобетонная лента монолитная высотой 400,0 мм.

На поверхности бетона имеются раковины, образовавшиеся в результате некачественного уплотнения бетонной смеси и не превышают 5,0 % поверхности монолитного бетона. Трещин, ослаблений, разрыхлений и других разрушений в фундаменте не обнаружено.

По результатам неразрушающего контроля прочность бетона конструкций составляет:

Таблица 2

Прочность бетона конструкций фундамента в шурфе №1 в осях 2/(Д-Е).

1	<i>бетона монолитного фундамента не менее В15</i>
2	<i>бетона железобетонной ленты не менее В15</i>

С целью определения физико-механических свойств грунтов инженерами-геологами произведен отбор проб грунтов для последующих лабораторных исследований.

Категория технического состояния фундамента по результатам натурного и инструментального обследования согласно СП 22.13330.2016 оценивается как работоспособное.

Шурф №2 в осях 12/Ж

Шурф выполнен с уровня цокольного этажа. Проходка шурфа выполнена на глубину 41,0 см ниже подошвы фундамента.

Грунты тяжело поддаются разработке, вертикальные откосы шурфа устойчивые, вода в шурфе не обнаружена. Опасных физико-геологических явлений, размывов и провалов грунтового основания, заболачивания и эрозии грунтов не выявлено.

По результатов обмеров габаритные размеры фундамента соответствует проектной и исполнительной документации.

Фундамент возведен из монолитного бетона на известковом щебне, железобетонная лента монолитная высотой 400,0 мм. Монолитный фундамент поднимается выше уровня пола на 420,0 мм. Между кирпичной кладкой и фундаментом предусмотрена горизонтальная гидроизоляция из двух слоев рубероида.

Трещин, ослаблений, разрыхлений и других разрушений в фундаменте и цоколе не обнаружено.

По результатам неразрушающего контроля прочность конструкций составляет:

Таблица 3

Прочность конструкций фундамента в шурфе №2 в осях 12/Ж.

1	бетона монолитного фундамента не менее В12.5
2	бетона железобетонной ленты не менее В12.5
3	керамического полнотелого кирпича М125
4	цементно-песчаного раствора кладки М100

По результатам выборочного контроля зондовым датчиком влажность кирпича в цоколе составляет 0,0 % (допустимое значение 2,0 %).

С целью определения физико-механических свойств грунтов геологами произведен отбор проб грунтов для последующих лабораторных исследований.

Категория технического состояния фундамента по результатам натурного и инструментального обследования согласно СП 22.13330.2016 оценивается как работоспособное - цоколя как работоспособное.

Шурф №3 в осях 10/Н

Шурф отрыт с уличной стороны. Проходка шурфа выполнена на глубину 137,0 см ниже поверхности асфальтобетонного покрытия.

Грунтовые воды в шурфе не обнаружены. Опасных физико-геологических явлений, размывов и провалов грунтового основания, заболачивания и эрозии грунтов не выявлено.

Фундамент возведен из монолитного бетона на известковом щебне, с консолью 150,0 мм под цокольную часть кладки. Бутовая кладка заглублена в грунт на 540,0 мм. В кирпичной кладке предусмотрена горизонтальная гидроизоляция из двух слоев рубероида.

Трещин, ослаблений, разрыхлений и других разрушений в фундаменте не обнаружено. Штукатурный слой в увлажненном состоянии и разрушается. Кирпичная кладка в увлажненном состоянии.

По результатам неразрушающего контроля материала с внешней стороны прочность конструкций составляет:

Таблица 4

Прочность бетона конструкций фундамента в шурфе №3 в осях 10/Н.

1	бетона монолитного фундамента не менее В15
2	керамического полнотелого кирпича М125
3	цементно-песчаного раствора кладки М100

По результатам выборочного контроля внешней поверхности стены зондовым датчиком влажность кирпича в цоколе на уровне асфальтобетона составляет от 14,5% до 19,3%, выше асфальтобетона на 250,0 мм - 3,6-7,0%, на уровне перекрытия в пределах от 0,0 до 2,3%.

Категория технического состояния фундамента по результатам натурного и инструментального обследования с учетом имеющихся трещин согласно СП 22.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* "Основания зданий и сооружений" оценивается как ограниченно работоспособное, а цоколя - как ограниченно работоспособное.

Шурф №4 в осях (4-5)/А

Шурф выполнен с уличной стороны. Проходка шурфа осуществлена на глубину 10,0 см ниже подошвы фундамента.

Вертикальные откосы шурфа устойчивые, грунтовые воды в шурфе не обнаружены. Опасных физико-геологических явлений, размывов и провалов грунтового основания, заболачивания и эрозии грунтов не выявлено.

По результатам обмеров габаритные размеры фундамента соответствует проектной и исполнительной документации.

Фундамент выполнен из монолитного бетона на известковом щебне, с консольным выносом на 140,0 мм под цокольную часть кладки. Железобетонная лента представляет собой монолитную конструкцию высотой 400,0 мм. Кладка заглублена в грунт на 360,0 мм. Между кирпичной кладкой и фундаментом предусмотрена горизонтальная гидроизоляция из двух слоев рубероида.

Трещин, ослаблений, разрыхлений и других разрушений в фундаменте не обнаружено. Кирпичная кладка под гранитной облицовкой в увлажненном состоянии.

По результатам неразрушающего контроля материала с внешней стороны прочность конструкций составляет:

Таблица 5

Прочность бетона конструкций фундамента в шурфе №4 в осях (4-5)/А.

1	<i>бетона монолитного фундамента не менее В12.5</i>
2	<i>бетона железобетонной ленты не менее В12.5</i>
3	<i>керамического полнотелого кирпича М150</i>
4	<i>цементно-песчаного раствора кладки М100</i>

По результатам выборочного контроля внешней поверхности стены зондовым датчиком влажность кирпича в цоколе на уровне асфальтобетона составляет от 2,9% до 6,4%.

Категория технического состояния фундамента по результатам натурального и инструментального обследования с учетом имеющихся трещин оценивается согласно СП 22.13330.2016 как ограниченно работоспособное, а цоколя - как ограниченно работоспособное.

Шурф №5 в осях 10'/Н

Шурф отрыт с уровня цокольного этажа. Проходка шурфа выполнена на глубину 111,0 см от уровня пола.

Грунтовые воды в шурфе не обнаружены. Опасных физико-геологических явлений, размывов и провалов грунтового основания, заболачивания и эрозии грунтов не выявлено.

Фундамент выполнен из монолитного бетона на известковом щебне. Между кирпичной кладкой и фундаментом предусмотрена горизонтальная гидроизоляция из двух слоев рубероида.

Трещин, ослаблений, разрыхлений и других разрушений в фундаменте не обнаружено. На внутренней поверхности стены в штукатурки имеются следы замачивания, но сама стена сухая. Кирпичная кладка не увлажнена.

По результатам неразрушающего контроля материала с внешней стороны прочность конструкций фундамента составляет:

Таблица 6

Прочность бетона конструкций фундамента в шурфе №5 в осях 10'/Н.

1	<i>бетона железобетонной ленты не менее В12.5</i>
2	<i>керамического полнотелого кирпича М150</i>
3	<i>цементно-песчаного раствора кладки М50</i>

По результатам выборочного контроля внутренней поверхности стены зондовым датчиком влажность кирпича в цоколе составляет от 0,0 % до 0,5%.

По результатам выборочного контроля внешней поверхности стены зондовым датчиком влажность кирпича в цоколе на 350,0 мм выше асфальтобетона от 4,4% до 10,2%, на 900,0 мм выше асфальтобетона 0,0-1,5%, на уровне перекрытия в пределах от 0,8 до 1,8%.

Категория технического состояния фундамента по результатам натурального и инструментального обследования с учетом имеющихся трещин оценивается согласно свода

правил СП 22.13330.2016 как ограниченно работоспособное, а цоколя - как ограниченно работоспособное.

Шурф №6 в осях 14/(Е-Ж)

Шурф открыт на уровне цокольного этажа с уличной стороны. Расположен на участке входа инженерных коммуникаций.

Грунтовые воды в шурфе не обнаружены. Опасных физико-геологических явлений, размывов и провалов грунтового основания, заболачивания и эрозии грунтов не выявлено.

Бутовая кладка выполнена из одинарного керамического кирпича на цементно-песчаном растворе. В кирпичной кладке предусмотрена горизонтальная гидроизоляция из двух слоев рубероида.

Трещин, ослаблений, разрыхлений и других разрушений не обнаружено. Кирпичная кладка в сухом состоянии. Имеются участки с выпадением кирпича.

По результатам выборочного контроля внешней поверхности стены зондовым датчиком влажность кирпича в цоколе равна 0,0%.

Категория технического состояния цоколя по результатам натурного и инструментального обследования оценивается как ограниченно работоспособное.

С целью восстановления гидроизоляции, заполнения трещин и пустот, обеспечения монолитности конструкций фундаментов разработан проект отсечной цементации. Алгоритм геотехнической технологии приведен ниже.

Таблица 7

Алгоритм геотехнической технологии цементации тела фундаментов.

1	Цементация выполняется цементно-полимерными растворами состава 1:0,15:0,3 (цемент: полимер ПВА: песок); В/Ц=0,6; модуль крупности песка $M_k=1$																
2	Для усиления кладки инъекционный раствор, приготовленный из портландцемента без минеральных добавок марки М500, нагнетается при низких значениях давлениях (не более 0,2-0,3 МПа) в ствол скважины до расчетного отказа, за который принимается прекращение поглощения раствора скважиной при давлении нагнетания 0,3 МПа																
3	<p style="text-align: center;"><i>Технологический процесс по цементационному закреплению кладки:</i></p> <table border="1"> <tr> <td>3.1</td> <td>разметка устья буровой скважины</td> </tr> <tr> <td>3.2</td> <td>алмазное бурение скважины диаметром 59,0 мм до проектной отметки устья</td> </tr> <tr> <td>3.3</td> <td>установка пакера-кондуктора в пробуренную скважину</td> </tr> <tr> <td>3.4</td> <td>изготовление инъекционного раствора</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>нагнетание инъекционного раствора при низких давлениях 0,2-0,3 МПа</td> </tr> <tr> <td>3.6</td> <td>опрессовка</td> </tr> <tr> <td>3.7</td> <td>извлечение пакера из скважины</td> </tr> <tr> <td>3.8</td> <td>ликвидационный тампонаж путем доливки в скважины рабочего раствора и заделка отверстий (после схватывания раствор) песчано-цементным раствором до выравнивания поверхности колонны</td> </tr> </table>	3.1	разметка устья буровой скважины	3.2	алмазное бурение скважины диаметром 59,0 мм до проектной отметки устья	3.3	установка пакера-кондуктора в пробуренную скважину	3.4	изготовление инъекционного раствора	3.5	нагнетание инъекционного раствора при низких давлениях 0,2-0,3 МПа	3.6	опрессовка	3.7	извлечение пакера из скважины	3.8	ликвидационный тампонаж путем доливки в скважины рабочего раствора и заделка отверстий (после схватывания раствор) песчано-цементным раствором до выравнивания поверхности колонны
3.1	разметка устья буровой скважины																
3.2	алмазное бурение скважины диаметром 59,0 мм до проектной отметки устья																
3.3	установка пакера-кондуктора в пробуренную скважину																
3.4	изготовление инъекционного раствора																
3.5	нагнетание инъекционного раствора при низких давлениях 0,2-0,3 МПа																
3.6	опрессовка																
3.7	извлечение пакера из скважины																
3.8	ликвидационный тампонаж путем доливки в скважины рабочего раствора и заделка отверстий (после схватывания раствор) песчано-цементным раствором до выравнивания поверхности колонны																
4	Буровые скважины в каждой колонне выполняются в восемь захваток в последовательности согласно данного листа. Приступать к бурению последующей скважины допускается после цементации и набора не менее 70,0% прочности цементационного раствора и тампонажа предыдущей																
5	В случае ухода раствора в грунт, о чем свидетельствует резкое снижение давления нагнетания, нагнетание в данной скважине прекратить и дать ей выстояться в течение двух дней, после чего продолжить нагнетание. При необходимости перебурить цементный камень																
6	Колонковое бурение следует начинать с колонн по сечению 6-6, 7-7, 8-8, 10-10, 11-11 или 12-12 рабочего проекта																
7	Все геотехнические работы по цементации бутовой кладки фундамента должны сопровождаться геодезическим контролем за осадками здания с регулярностью один раз в неделю																

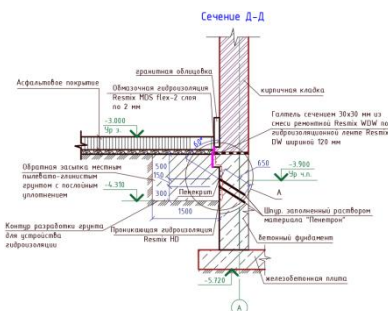


Рисунок 1. Схема устройства инъекционных скважин по оси «А»

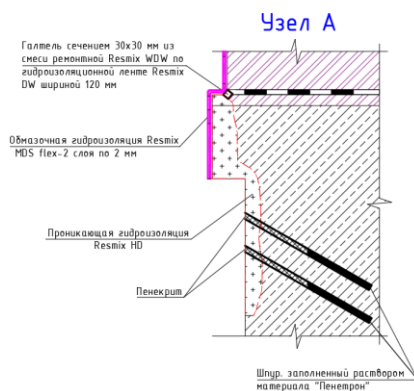


Рисунок 2. Схема устройства инъекционных скважин (для устройства проникающей гидроизоляции)

Сечение 2-2, 13-13, 14-14

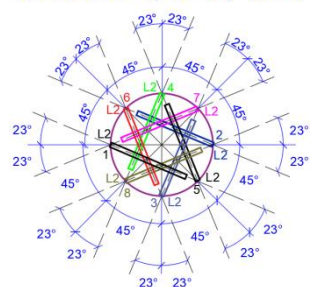


Рисунок 3. Схема устройства инъекционных скважин (план в осях «Б» и «М»)

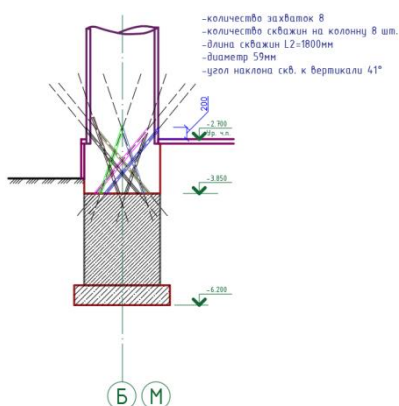


Рисунок 4. Схема устройства инъекционных скважин (разрез в осях «Б» и «М»)

Заключение:

1. Целью проведения технического обследования является определение действительного технического состояния элементов здания (цокольной части стены и фундаментов), получение количественной оценки фактических показателей качества конструкций (прочности, влажности и др.) в объеме

необходимом и достаточном для разработки научно-проектной документации на проведение работ по капитальному ремонту цоколя и фундаментов.

2. Сведения об объекте культурного наследия регионального (республиканского) значения «Здание Чувашского государственного академического театра им К.В.Иванова, 1961 г.» расположенное по адресу: Чувашская Республика, г. Чебоксары, Красная площадь, д.7, включенный в единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации в качестве объектов культурного наследия регионального (республиканского) значения приказом Минкультуры Чувашии от 10 июля 2020г. № 01-07/377.
3. В ходе натурного и инструментального обследования технического состояния строительных конструкций выявлены следующие дефекты и повреждения:

Таблица 8

3.1	сквозные осадочные трещины шириной раскрытия 1,0-2,0 мм на всю высоту здания в наружных стенах
3.2	множественные температурно-усадочные трещины на фасадах по всему периметру здания шириной раскрытия до 1,0 мм
3.3	увлажнение внешних поверхностей стен на уровне цоколя
3.4	отслаивание штукатурного слоя в цокольной части на внешних поверхностях стен
3.5	локальные участки с расслоением кладки на уровне цоколя (скол внешнего угла стены)
3.6	недопустимое качество кирпичной кладки цоколя колонн портика, увлажнение, расслоение кладки
3.7	горизонтальные и наклонные трещины в кладке на стыке трюмовых помещений со сценической коробкой

4. По результатам неразрушающего контроля материала прочность заглубленных конструкций составляет:

Таблица 9

4.1	бетона монолитного фундамента не менее В12.5
4.2	бетона железобетонной ленты не менее В12.5
4.3	керамического полнотелого кирпича кладки стен М125
4.4	цементно-песчаного раствора кладки стен М50

Прочность материала строительных конструкций удовлетворяет требованиям проекта.

5. Эксплуатационная влажность наружных поверхностей цоколя кирпичных стен превышает нормативные значения. Эксплуатационная влажность внутренних поверхностей кирпичных стен в пределах нормы.
6. Категория технического состояния фундаментов и цоколя внутренних стен, а также цоколя наружных стен по осям 2, 4, В, Л оценивается как работоспособное. Категория технического состояния цоколя остальных наружных стен оценивается как ограниченно работоспособное. Категория технического состояния кладки цоколя колонн портика центрального входа оценивается как недопустимое. Категория технического состояния фундаментов ограниченно работоспособное. Категория технического состояния внутренних стен трюмовых помещений со сценической коробкой оценивается как ограниченно работоспособное.
7. Согласно выполненных расчетов среднее давление под подошвой фундаментов не превышает расчетного сопротивления грунтов в естественном состоянии.
8. С целью недопущения снижения эксплуатационных качеств и технического состояния конструкций здания выполнить мероприятия по приведению цоколя колонн портика центрального входа и цоколя наружных стен в работоспособное техническое состояние:

Таблица 10

8.1	<i>устройство горизонтальной отсечной гидроизоляции в цокольной части здания</i>
8.2	<i>устройство вертикальной гидроизоляции заглубленной части кирпичной кладки</i>
8.3	<i>усиление кирпичной кладки цокольной части кирпичных колонн портика цементацией</i>
8.4	<i>замена прямых на боковых фасадах</i>

9. На момент обследования активных деформаций оснований фундаментов не выявлено. Осадочные трещины на фасадах проходят в тех же местах, что и выявлены в ранее выполненных работах с 1990 г. Организовать геодезические наблюдения за осадками здания с целью контроля за деформациями стен и недопущения ухудшения эксплуатационных качеств строительных конструкций в условиях проявления просадочности специфических грунтов, неполного усиления оснований фундаментов газовой силикатизацией, наличием осадочных трещин в стенах и планируемой реконструкции сценического пространства. В качестве основных стеновых марок использовать сохранившиеся, остальные установить заново, репера использовать ранее установленные и новые. В условиях эксплуатации здания геотехнические наблюдения следует проводить не реже через полгода, а в условиях капитального ремонта, реставрации и приспособления - через месяц.

1. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений /НИИСК. - М.: Стройиздат, 1989.
2. Мальганов А.И. «Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий»/ А.И. Мальганов, В.С. Плевков, Полищук А.И.- Томск, 1990.
3. Гроздов В.Т. «Признаки аварийного состояния несущих конструкций зданий и сооружений»/ В.Т. Гроздов.- СПб.: Издательский дом KN+,2000.
4. Cai, F., Ugal, K. 2000. Numerical analysis of the stability of a slope reinforced with piles. Soils and Foundations 40 (1): 73-84.
5. Hassiotis, S, Chamcau, J.L.,Gunaratne, M. 1997. Design method for stabilisation of slopes with piles. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 123 (4). 314-323.
6. Lee, J.H., Salgado, R. 1999. Detervation of pile base resistance in sands. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 125 (8). 673-683.
7. Pichev V.A., Mangushev R.A., Nikiforova N.S. Opyt osvoeniya podzemnogo prostranstva rossijskih megapolisov [Experience Of Development Of Russian Megacities Underground Space]. Osnovaniya, fundamentey i mekhanika gruntov [Soil Mechanics and Foundation Engineering], 2012, no. 2, pp. 17-20.
8. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб: Геореконструкция, 2010. 551 с.
9. Pichev, V. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow / V. A. Ilyichev, P. A. Konovalov, 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.
10. 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, tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
11. Соколов Н.С, Соколов А.Н, Соколов С.Н, Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буроинъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности //Жилищное строительство. 2017. №11.С 20-25.
12. Соколов Н.С, Соколов С.Н, Соколов АН. Опыт восстановления здания Введенского кафедрального собора в городе Чебоксары //Геотехника. 2016. №1.С. 60-65.
13. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай ЭРТ с множественными уширениями. Жилищное строительство. 2017. №9. С. 25-28.
14. Соколов Н.С. Викторова С.С. Смирнова Г.М. Федосеева И.П. Буроинъекционная свая ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция. Строительные материалы. 2017. №9, С. 47-49.
15. Соколов Н.С., Викторова С.С, Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности. В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. 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. 2014. С. 411-415.
16. Соколов Н.С., Викторова С.С.Исследование и разработка устройства для изготовления буроинъекционных свай ЭРТ. Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2017. 12. С. 37-42.

Соколов Н.С.

Оборудование для уплотнения грунта в буринъекционных сваях

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

ООО НПФ «ФОРСТ»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-415

Аннотация

Разработанная электроимпульсная установка (ЭИУ) обладает уникальностью и новизной в техническом решении для использования при устройстве буринъекционных свай (свай-ЭРТ). Установка ЭИУ позволяет изготавливать сваи-ЭРТ повышенной несущей способности. Благодаря наличию высокоэнергетического емкостного накопителя с коммутатором подсоединенным к разряднику излучателя накопленной энергии ЭИУ представляет собой оригинальную электротехническую конструкцию.

Он представляет собой уникальный высокопроизводительный агрегат для устройства свай повышенной несущей способности, а также цементации оснований.

Устройство, не имея аналогов за рубежом, нашло в геотехническом строительстве широкое применение при возведении свай-ЭРТ в свайных полях, ограждении котлованов, цементации оснований и т.д.

Ключевые слова: энергоемкость, шаговое напряжение, блок синхронизации, буринъекционная свая, электрогидравлический удар, электроразрядная технология ЭРТ, буринъекционная свая ЭРТ, подпятник.

Abstract

The developed electric pulse unit (EPU) exhibits uniqueness and novelty of technical solution for use in bored injection piles arranging (DPT piles). The EPU provides for manufacturing of DPT piles with increased bearing capacity. Due to the high-energy storage capacitor with a switch connected to the discharger of accumulated energy emitter, the EPU constitutes an original electrotechnical design.

It is a unique high-performance assembly for arrangement of piles with increased bearing capacity as well as foundation grouting.

Nothing comparable to the device has been used abroad, and it has found wide application in geotechnical construction for erection of DPT piles in pile fields, shoring of excavations, foundation grouting, etc.

Keywords: power consumption, step voltage, timing unit, bored injection pile, electrohydraulic shock, discharge-pulse technology (DPT), DPT bored injection pile, base plate.

Обеспечение надежной эксплуатации подземной части зданий и сооружений, возводимых в сложных инженерно-геологических условиях, является весьма актуальной задачей современного геотехнического строительства. В таких нестандартных условиях строительства наиболее приемлемыми заглубленными конструкциями являются буровые сваи, устраиваемые существующими в настоящее время геотехническими технологиями. Разработанная автором статьи технология устройства буринъекционных свай [3, 4] широко внедрена в практику возведения подземных сооружений и искусственных оснований для объектов промышленного и гражданского назначения.

Рассматриваемое техническое решение, являясь уникальным для заглубленных сооружений, обеспечивает задачу создания условий безопасной и надежной эксплуатации буринъекционных свай-ЭРТ при использовании электроимпульсной установки.

Основным достижением разработанного устройства является повышение надежности работы устройства и электробезопасности во время работ по устройству буринъекционных свай в свайных полях, ограждений котлованов, грунтовых анкеров, а также при цементации

оснований. При его работе производится уменьшение рабочего напряжения накопителя для включения в действие излучателя разрядно-импульсной установки.

Возможностью для достижения такого результата является наличие в устройстве разрядной электроимпульсной установки. В ее составе имеется высокоэнергетический емкостный накопитель с коммутатором. Он подключен к разряднику. Дополнительный иницирующий электрод дислоцирован в разряднике и подсоединен через другой коммутатор к маломощному высоковольтному источнику. Оба аппарата соединены последовательно через блок синхронизации. Устройство выполнено с возможностью одновременного срабатывания коммутаторов. Емкостный накопитель электроимпульсной установки изготовлен в низковольтном исполнении и присоединен с помощью низковольтного кабеля к излучателю.

Алгоритм функционирования электроимпульсной установки представляет собой следующую технологическую последовательность [см. рис. 1].

В предварительно изготовленную буровую скважину 1 заполняют мелкозернистым бетоном 2 и смонтированным армокаркасом погружается излучатель 3 с питающим низковольтным кабелем 7. Он подсоединен к емкостному накопителю энергии 5 разрядно-импульсной установки (РИУ).

Накопитель электрической энергии 5 заряжается до низкого напряжения порядка до 1000 В энергоемкостью около 20-50 кДж. В то же время производится зарядка маломощного высоковольтного источника 9 до напряжения 5-15 кВ от зарядно-выпрямительного устройства 8.

Далее осуществляется подача серии синхронных импульсов накопителей 5 и 9 через кабели 7 и 12 коммутаторы 6 и 10 на разрядник 3 и дополнительный иницирующий электрод 13. Синхронность срабатывания коммутаторов 6 и 10 обеспечивается за счет блока синхронизации 11. Производится серия низковольтных разрядов основного емкостного накопителя энергии 5 посредством при помощи пробоя иницирующего разряда емкостного накопителя 9 через электрод 13 в области формирования электрического разряда 14 разрядника 3. При этом только одновременная подача серии импульсов от накопителей 5 и 9 в разрядник 3 приводит к пробое разрядного промежутка. Это способствует появлению электрогидравлических ударов, которые оказывают воздействие на мелкозернистый бетон 2 и грунта стенок буровой скважины 1, увеличивая ее диаметр, уплотняя твердеющий материал 2 и образуя часть сваи 15.

При подаче низкого напряжения, каким считают напряжение в диапазоне до 1000 В [4 - 8], на разрядник 3 электрического пробоя не произойдет, так как величины напряжения недостаточны для перекрытия промежутка даже при наличии квазипроводящей среды между электродами разрядника в виде "загрязнения" [1, 2].

Известно, что с точки зрения выделения энергии при электрогидравлическом эффекте расстояние между электродами должно быть порядка 10-20 мм по поверхности диэлектрика.

Высокое напряжение поджигающего импульса также безопасно, так как энергия его порядка 200-2000 Дж мала, а импульс – кратковременный.

Устройство дает возможность при относительно небольших затратах получить положительные результаты, существенно улучшить условия техники безопасности и надежность работы, так как заявляемое устройство позволяет устойчиво работать на безопасных режимах и как результат устроенные буроинъекционные сваи повышенной несущей способности.

Разработанная электроимпульсная установка (ЭИУ) широко используется при устройстве буроинъекционных свай. Особенно она эффективна для случая геотехнического строительства в стесненных условиях [3, 4, 5, 6, 7, 8].

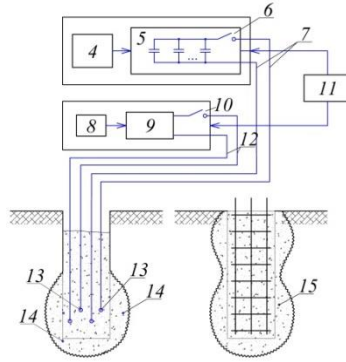


Рисунок 1. Электроимпульсная установка для изготовления набивной сваи.

С помощью ЭИУ возможно создание буринъекционной сваи-ЭРТ повышенной несущей способности F_d .

Ниже приведен алгоритм определения F_d (см. табл. 1 и рис. 2).

Определение несущей способности свай с множественными уширениями отличается от существующих (независимо от типов свай). Например, в СП 24.13330.2016 при определении несущей способности F_d висячих свай принимается, что включение грунта в совместную работу со свайей под нижним концом и по боковой поверхности свай проявляется одновременно.

По предлагаемому методу несущая способность свай с несколькими "подпятниками" реализуется последовательно.

Сначала включается боковая поверхность свай над первым "подпятником", далее реализуется несущая способность основания "подпятника".

Приведем алгоритм определения несущей способности сваи-ЭРТ с множественными уширениями.

1. По инженерно-геологическому разрезу определяются длина сваи, отметки для устройства "подпятников" и диаметры уширений D_{ku} (см. рис. 2).

Таблица 1

Физико-механические свойства грунтов основания.

№ ИГЭ	ИГЭ	Толщина слоев, м	γ_l , кН/м ³	c_l , кПа	ϕ_l , град.	E_l , МПа	μ , g.e	h_i , м	z_i , м	f_i , кПа	$f_i h_i$, кН/м
1	Суглинок	4,5	18,0	11,0	12,0	6,0	0,6	2,0	3,0	12	36,0
								2,5	5,3	16	40,0
2		4,6					0,3	2,0	7,5	43	86,0
								2,6	9,8	46	120,0
3	Пески мелкие средней плотности	6,9	18,6	·	29,0	26,0	-	2,0	12,1	48	96,0
								2,0	14,1	50	100,0
								1,9	16,0	51	97,0

2. Вычисляется несущая способность сваи-ЭРТ по боковой поверхности:

$$F_d = \gamma_c \mu \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} f_i h_i, \quad (1)$$

где f_i – расчетное сопротивление по боковой поверхности; h_i – толщина i -го слоя; γ_c и γ_{cf} – коэффициенты условий работы СП 24.13330-2011.

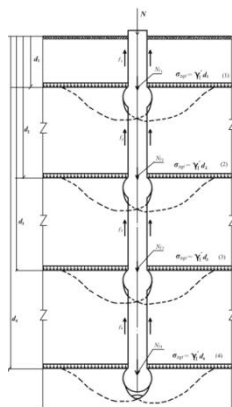


Рисунок 2. Схема к определению несущей способности буроньекционной сваи-ЭРТ с учетом «подпятников»

3. На отметке каждого уширения определяется внешняя вертикальная сжимающая нагрузка:

$$N_{vi} = N - \sum_0^{d_i} f_i h_i - F_{ui}. \quad (2)$$

и внешний момент при эксцентриситете e_f , угол наклона равнодействующей δ , коэффициенты $N\gamma$; Nq ; Nc в зависимости от ϕI и δ .

4. Вертикальная составляющая силы предельного сопротивления суммируется с силой сопротивления по боковой поверхности. Таким образом, несущая способность сваи на каждой отметке заложения «подпятника» определяется по формуле.

$$F_{di} = \gamma_c u \sum_0^{d_i^0} \gamma_{cf} f_i h_i + F_{ui}. \quad (3)$$

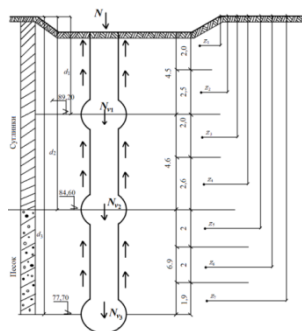


Рисунок 2. Схема вертикальной привязки «подпятников» для определения несущей способности по грунту F_d

5. В качестве расчетной несущей способности сваи-ЭРТ принимается минимальное значение F_{di} .

Выводы: Впервые разработанная электроимпульсная установка широко внедрена в геотехническую практику при устройстве буроньекционных свай в свайных полях, ограждений котлованов, грунтовых анкеров, а также при цементации грунтовых оснований. Ее использование позволяет существенно облегчить работы в геотехническом строительстве, а также расширяет возможности освоения территорий считавшихся ранее непригодными для строительства.

2. Фрюнгель Ф. Импульсная техника. Генерирование и применение разрядов, конденсаторов. М. Л.: Энергия, 1965. 488 с.
3. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буринъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. 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. 2014. С. 415-420.
4. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буринъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2017. №11. С. 20-25.
5. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности. В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. 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. 2014. С. 411-415.
6. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка устройства для изготовления буринъекционных свай ЭРТ. Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2017. 12. С. 37-42.
7. Sokolov N. Ezhov S. Ezhova S. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem Journal of Applied Engineering Science. 2017. Т. 15. №4. р. 518-523.
8. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай. Строительные материалы. 2013. №5. С. 44-47.

Филатова А. В., Гриванова А.Д.

Исследование применения GPS-технологий в геодезии

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-416

Аннотация

Статья представляет собой исследование применения GPS-технологий в геодезии. Автор исследует принципы работы GPS-технологий, и методы их применения в геодезии. Основываясь на практических примерах и анализе данных, автор делает выводы о преимуществах и недостатках использования GPS-технологий при составлении карт, проведению инструментальной съемки, расчетах и составлении планов местности. Исследование имеет практическую значимость и может быть полезно для специалистов и руководителей в области геодезии, которые заинтересованы в повышении эффективности и точности работы.

Ключевые слова: анализ, методы применения, GPS-технологии, геодезия, измерение.

Abstract

The article is a study of the use of GPS technologies in geodesy. The author explores the principles of GPS technologies, and methods of their application in geodesy. Based on practical examples and data analysis, the author draws conclusions about the advantages and disadvantages of using GPS technologies in mapping, conducting instrumental surveys, calculations and drawing up terrain plans. The study has practical significance and can be useful for specialists and managers in the field of geodesy who are interested in improving the efficiency and accuracy of work.

Keywords: analysis, methods of application, GPS technology, geodesy, measurement.

GPS-технологии являются неотъемлемой частью современной геодезии. Они позволяют точно определить координаты объектов на поверхности Земли и провести детальные измерения в различных областях, таких как строительство, картография, сельское хозяйство и многое другое. В данной статье будет рассмотрено исследование применения GPS-технологий в геодезии и их важность для точного определения координат.

С появлением GPS-технологий геодезические измерения стали более доступными и эффективными. Спутниковая система навигации GPS (ГЛОНАСС, Galileo) позволяет получать информацию о местоположении объекта с высокой точностью. Благодаря этому возможно

проводить измерения без необходимости установки физических маркеров на местности. Это значительно упрощает работу геодезистов и значительно снижает время затрачиваемое на выполнение задач.

Использование GPS-технологий имеет огромный потенциал для различных отраслей геодезии. Например, в строительстве GPS-технологии позволяют контролировать процесс выполнения работ, определять точное положение строительных объектов и создавать цифровые модели местности. В картографии GPS-технологии используются для создания точных карт и навигационных систем. Также, в сельском хозяйстве GPS-технологии помогают проводить агрономические изыскания, определять уровень урожайности и контролировать перемещение сельскохозяйственной техники. Исследование применения GPS-технологий в геодезии позволяет не только обнаружить новые возможности данных технологий, но и повысить эффективность работы в данной области.

Введение в GPS-технологии в геодезии: основные принципы работы

Основной принцип работы GPS-технологий основан на приеме сигналов от спутников, которые расположены на орбите Земли. Спутники передают сигналы, содержащие информацию о своем положении и времени передачи сигнала. Этот сигнал принимается приемником, который также имеет заранее известные координаты нескольких точек. Путем анализа задержки времени прихода сигнала от разных спутников, приемник определяет свое положение на Земле.

Можно сказать, что введение GPS-технологий в геодезию привело к революции в этой области. Они значительно упростили и ускорили процесс определения координат точек на Земле, а также повысили точность результатов.

Преимущества и ограничения использования GPS-технологий в геодезии

GPS-технологии являются важным инструментом в современной геодезии, предоставляя множество преимуществ. Во-первых, GPS позволяет получать высокоточные координаты точек на поверхности Земли. Это значительно упрощает и ускоряет процесс определения геодезических пунктов и создания картографических материалов.

Во-вторых, использование GPS значительно улучшает точность измерений. Технология позволяет минимизировать ошибки, связанные с человеческим фактором и атмосферными условиями, такими как рассеивание радиосигнала и искажение его скорости при прохождении через атмосферу.

Также GPS обладает высокой скоростью работы. С помощью спутниковой системы можно быстро получить нужные координаты без необходимости проведения длительных и сложных измерений вручную. Это особенно полезно при выполнении больших объемов работ или при необходимости оперативного реагирования на изменения ситуации.

Однако применение GPS-технологий имеет свои ограничения. В первую очередь, для работы системы требуется наличие видимости спутников. В густонаселенных или перегороженных зданиями районах сигнал может быть ослаблен или полностью отсутствовать, что затрудняет использование GPS.

Кроме того, при использовании GPS необходимо учитывать возможные ошибки в измерениях. Это может быть вызвано неправильным выбором антенны, мультипутьным рассеянием сигнала или другими факторами. Поэтому при работе с GPS-технологиями необходимо проводить калибровку и проверку оборудования.

Таким образом, применение GPS-технологий в геодезии имеет свои преимущества и ограничения.

Различные методы исследования применения GPS-технологий в геодезии

В геодезии существует несколько методов исследования применения GPS-технологий, позволяющих оценить и улучшить точность и надежность получаемых результатов. Один из таких методов - статистический анализ данных GPS-измерений. С его помощью проводится оценка погрешностей в измерительных результатах, а также определение оптимальных условий и параметров измерений.

Еще один метод - моделирование движения спутникового навигационного оборудования на земной поверхности. С его помощью можно предсказать траекторию передвижения прибора, что позволяет учесть возможные динамические эффекты, такие как влияние ветра или гравитации. Такое моделирование помогает повысить точность определения координат объектов при использовании GPS.

Также широко используется метод сопоставления измеряемых значений с данными из других геодезических систем или инструментальных средств. Это позволяет проверять достоверность получаемых результатов и выявлять возможные ошибки и несоответствия между разными системами координат.

Одним из новых направлений исследования является применение алгоритмов машинного обучения для улучшения точности и надежности GPS-измерений. Этот метод позволяет автоматически обрабатывать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности, что способствует повышению качества геодезических измерений.

Таким образом, различные методы исследования применения GPS-технологий в геодезии помогают улучшить точность и достоверность получаемых результатов, а также расширить возможности использования этих технологий в различных сферах деятельности.

Анализ применения GPS технологий в геодезии: сравнение с традиционными методами и недостатки

GPS-технологии в геодезии являются одним из наиболее широко используемых инструментов, предоставляющих точные данные о координатах и высотах объектов. Они обеспечивают высокую степень точности и скорость получения результатов, что делает их незаменимыми в современной геодезии.

Однако необходимо провести анализ применения GPS-технологий в сравнении с традиционными методами. Традиционные методы геодезических измерений, такие как теодолитная съемка или нивелирование, хорошо зарекомендовали себя на протяжении многих лет и имеют свои преимущества.

Одним из основных преимуществ традиционных методов является возможность проведения работ в условиях невидимости спутниковых сигналов, например при плотной растительности или в горных районах. Кроме того, использование оптических приборов позволяет получать более высокую степень точности при измерениях.

Также следует учитывать недостатки GPS-технологий в геодезии. Одним из основных недостатков является зависимость от погодных условий и эфемерид спутников. Плохая видимость спутников или неправильные данные эфемерид могут привести к снижению точности результатов.

Другой проблемой является наличие систематических ошибок, связанных с множеством факторов, таких как атмосферные условия, многолучевое распространение сигналов и технические особенности прибора. Эти ошибки требуют дополнительной коррекции для достижения требуемой точности.

Таким образом, несмотря на все преимущества GPS-технологий в геодезии, они не являются универсальным решением и должны использоваться с учетом ограничений и недостатков.

1. Антонович К.М., Карпик А.П. Мониторинг объектов с применением GPS-технологий//Журнал: Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. Изд.:МГУГиК, 2004. №1. С.53-67.
2. Косарев Н.С. Статистический анализ точности определения положения спутников систем ГЛОНАСС и GPS/Н.С. Косарев, А.С. Щербаков//Вестник СГГА. 2014. №2. С.9-18.
3. Логинов В.Ф., Манаухов В.Ф. GPS в геодезическом обеспечении кадастра//Геодезия и картография.2005. №3. С.34-35.
4. Ткачев А.Н. Использование GPS-технологий для проведение землеустроительных работ/ А.Н.Ткачев, Д.М. Зараев, В.Ф. Манухов// Естественно-технические исследования. Теория, методы, практика. Саранск, 2005. С.121-122.

Филатова А.В., Железина Т.В., Батурина А.А.
Геодезические измерения при деформации зданий и сооружений

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-417

Аннотация

Геодезические измерения играют важную роль в области строительства и инженерии. С их помощью можно определить деформации зданий и сооружений, что позволяет выявить потенциальные проблемы и предпринять меры для их предотвращения. В этой статье мы рассмотрим, как геодезические измерения используются для мониторинга деформаций зданий и сооружений. Геодезические методы определения горизонтальных смещений. Определение крена вертикальной оси. Основные факторы, которые влияют на сжимаемость грунта. Виды деформаций. Наблюдения за осадками.

Ключевые слова: деформация, факторы, выявления, наблюдения, измерения.

Abstract

Geodetic measurements play an important role in the field of construction and engineering. With their help, it is possible to determine the deformations of buildings and structures, which allows you to identify potential problems and take measures to prevent them. In this article, we will look at how geodetic measurements are used to monitor deformations of buildings and structures. Geodetic methods for determining horizontal displacements. Determination of the roll of the vertical axis. The main factors that affect the compressibility of the soil. Types of deformations. Observations of precipitation.

Keywords: deformation, factors, detection, observations, measurements.

Деформация сооружений – это изменение формы или размеров сооружений, или их элементов под действием внешних сил, при нагревании или охлаждении, изменении влажности и других воздействиях, вызывающих изменение относительного положения рассматриваемых точек, сечений или объемов сооружений.

Основные факторы, которые влияют на сжимаемость грунта могут быть вызваны: 1) Величина сжимаемой толщи и пористость; 2) Размер, форма, вес фундамента; 3) Распределение давления по подошве фундаментов, конструктивная жесткость; 4) Материал, тип надфундаментных конструкций; 5) Природные факторы(просадка, пучение, изменение влажности пород, грунтовых вод) и др..

Порядок выявления деформаций зданий и сооружений включает несколько этапов, которые следует выполнять последовательно.

- 1. Визуальный осмотр:** Начальный этап включает в себя визуальный осмотр здания или сооружения. Квалифицированные инженеры и специалисты проводят детальный осмотр, обращая внимание на видимые деформации, трещины, смещения, отклонения от вертикали и другие аномалии в конструкции.
- 2. Использование измерительного оборудования:** Для более точной оценки деформаций применяется специализированное измерительное оборудование. Оно включает в себя инструменты, такие как нивелиры, оптические и лазерные уровни, инклинометры и деформационные датчики. С их помощью можно измерить смещения, углы наклона и другие параметры, которые могут свидетельствовать о деформациях в здании или сооружении.
- 3. Анализ данных:** Полученные измерения и данные подвергаются анализу. Специалисты сравнивают текущие измерения с базовыми данными, представляющими нормальное состояние здания или сооружения. Признаки

деформаций, такие как увеличение трещин, увеличение смещений или изменение углов наклона, могут указывать на проблемы в конструкции.

- 4. Мониторинг в режиме реального времени:** В случае, если здание или сооружение подвергается постоянному воздействию нагрузок или окружающей среды, может потребоваться система мониторинга в режиме реального времени. Это позволяет наблюдать за деформациями в здании или сооружении в реальном времени и принимать меры для предотвращения возможных аварийных ситуаций.

В случае выявления деформаций, необходимо определить их причину. В зависимости от источника проблемы, могут быть приняты различные меры для устранения деформаций. Если деформации вызваны естественными процессами, такими как оседание грунта, может потребоваться проведение работ по уплотнению грунта или установка свайных фундаментов. Если деформации вызваны конструктивными недостатками, необходимо провести ремонтные работы для устранения этих проблем.

Геодезические методы определения горизонтальных смещений.

1. Створные наблюдения

Сущность заключается в измерении величины отклонения наблюдаемых точек от створа опорных пунктов.

- Программа измерений
- Измерить расстояние S между опорными пунктами.
- Измерить теодолитом углы
- Рассчитать величину отклонения.

2. Триангуляционный метод

Его сущность состоит в периодическом определении координат осадных марок (опорных знаков), включенных в триангуляционную сеть.

Программа измерений

- Измеряются все внутренние углы в триангуляционной сети и измеряется длина базисной стороны
- Вычисление координат опорных знаков (1,2,3)
- Определение разности координат в смежных циклах, которые характеризуют сдвиг сооружения.
- Точность определения исходной стороны триангуляции 1:600000
- Длина сторон треугольника триангуляции 0,5 – 2,0 км
- Средняя кв. ошибка определения угла $\pm 0,6$ градусов

Сущность метода полигонометрии заключается в том, что по исследуемому сооружению прокладывают ходы высокоточной полигонометрии и определяются координаты опорных знаков включенных в полигонометрический ход.

Сущность метода трилатерации заключается в определении координат опорных знаков, включенных в трилатерационную сеть, состоящую из цепи треугольников, в которых измерены длины всех сторон.

Выделяют следующие виды деформаций: осадка, набухание и усадка, оседание, подъем (или выпучивание), перемещение в сторону. Вертикальные деформации оснований зданий и сооружений делятся на осадки и просадки. Просадка — это сложный процесс, описывающий сильное изменение структуры грунта, его подвижки. Осадка — медленная, сравнительно небольшая деформация, которая происходит в результате уплотнения грунта под действием силы тяжести здания или сооружения. Равномерные осадки происходят в тех случаях, когда давление веса сооружения и сжимаемость грунтов во всех случаях основания под фундаментом одинаковы.

Неравномерные осадки происходят в результате различного давления частей сооружения и неодинаковой сжимаемости грунтов под фундаментом, что, в свою очередь, вызывает разного рода перемещения и деформации в надфундаментальных конструкциях. В

реальности равномерных осадок почти не бывает, т. к. геологическое строение основания и в вертикальном, и в горизонтальном направлениях даже на незначительных площадях неоднородно. Равномерные осадки не снижают прочности и устойчивости сооружений, но большие по величине равномерные осадки могут вызвать при эксплуатации сооружения осложнения, способствовать появлению новых нежелательных деформаций. Неравномерные осадки являются более опасными для сооружений. Например, даже незначительный наклон высокого сооружения может вызвать нарушения при эксплуатации лифта, привести к перенапряжениям в несущих конструкциях. Опасность больше, если значительнее разность осадок частей сооружений, чувствительнее к осадкам конструкции частей. В случае, когда сжимаемость грунтов под фундаментом неодинакова или нагрузка, которая приходится на грунт — различна, возникают деформации — смещения, кручения, которые внешне могут проявляться в виде трещин, разломов.

В строительной практике различают: – крен здания(сооружения), характеризующийся отклонением его вертикальной оси от отвесной линии, выражающийся в угловой, линейной, относительной мере; – крен фундамента, который представляет собой отклонение плоскости подошвы от горизонта. Выражается в линейной (или относительной) мере.

Наблюдения за деформациями в высотных зданиях и сооружениях. Возводимые высотные здания и сооружения различаются по значению и конструкции. По конструктивным признакам различают высотные сооружения ступенчатого, коробчатого и башенного типа. К первым относятся высотные дома. Вторые — это телевизионные башни, дымовые трубы, градирни ТЭЦ, радиорелейные мачты и т. д. Для высотных зданий характерна большая нагрузка, распределенная на небольшой площади. Естественно, основная часть нагрузки приходится на основание и фундамент. Это и вызывает осадку сооружений, которая, в свою очередь, нарушает вертикальность здания и трещинам. Нагрузки возрастают в период возведения здания и становится устойчивым во время его эксплуатации. Имеют место быть динамические деформации, появляющиеся из-за изменений температуры, ветра и колебаний здания. Они встречаются среди зданий ступенчатого и башенного типа. Наблюдения за осадками производят в основном методом высокоточного геометрического нивелирования по осадочным маркам, закрепленным непосредственно на исследуемой части сооружений. Высокоточный геометрический метод нивелирования позволяет определить осадки сооружения по осадочным маркам, которые размещены на стенах здания по обе стороны осадочных швов и линий или фундаменте. Марки должны быть расположены так, чтобы было комфортно работать с инструментами. Осадки высотных зданий способны вызывать осадки соседних сооружений и поэтому некоторые марки располагают на этих зданиях.

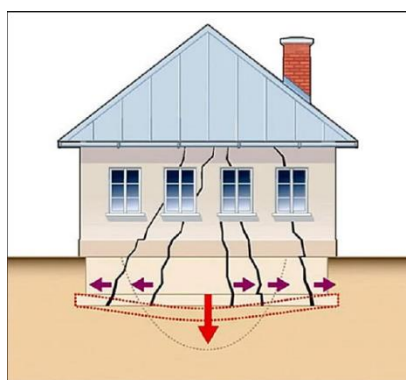


Рисунок 1 Деформация здания.

. Для измерения осадок применяют также переносные и стационарные гидростатические системы. В этом случае абсолютные величины осадок определяются путем периодической привязки нескольких точек гидростатической системы к исходным фундаментальным реперам. После измерений вычисляется абсолютная величина и скорость осадки каждой марки, средняя осадка для всего сооружения, крены и прогибы его отдельных частей. Современное и

систематическое наблюдение за деформациями зданиями и сооружениями повышает уровень безопасности строительных, снижает риск возникновения аварийных ситуаций.

1. Ганьшин В.Н., Коськов Б.И., Репалов И.М. Геодезические работы при реконструкции промышленных предприятий. - М.: Недра, 1990.
2. Куйбышев В.В. Инженерная геодезия в строительстве. - М.: МИСИ, 1985.
3. Руководство по производству геодезических работ в жилищно - гражданском строительстве. - М.: Стройиздат, 1977.
4. <https://studfile.net/preview/2629362/page:2/>

Филатова А.В., Железина Т.В., Калгин В.И.

Повышение точности измерения углов в геодезической практике

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-418

Аннотация

В данной статье рассматриваются способы измерений углов в геодезии и основные погрешности, влияющие на точность измерения углов. Также выявлены источники ошибок при измерении горизонтальных углов. Внимание уделяется методам повышения точности измерений углов с целью достижения результатов в геодезических работах, а также важности получения детальных чертежей для максимально достоверных и объективных результатов по окончанию геодезических работ.

Ключевые слова: геодезия, способ приемов, точность измерения углов, ошибки угловых измерений, погрешности.

Abstract

This article discusses the methods of measuring angles in geodesy and the main errors affecting the accuracy of angle measurement. The sources of errors in measuring horizontal angles have also been identified. Attention is paid to methods of increasing the accuracy of angle measurements in order to achieve results in geodetic works, as well as the importance of obtaining detailed drawings for the most reliable and objective results at the end of geodetic works.

Keywords: geodesy, method of techniques, accuracy of measurement of angles, errors of angular measurements, errors.

Для измерения горизонтальных углов существуют определенные способы: способ приемов, способ круговых приемов, способ повторений, способ всех комбинаций. Наиболее простым и наиболее распространенным является способ приемов. Способ круговых приемов используется в том случае, когда на одной точке требуется измерить несколько углов. Способ повторений рекомендуется использовать тогда, когда точность теодолита недостаточна и требуется измерить угол с достаточно высокой точностью. Способ комбинаций характеризуется трудоемкостью и применяется только при высокоточных измерениях углов, когда ошибки измерения углов находятся в пределах 1".

Способ приемов

1. Установить теодолит в рабочее положение.
2. Пользуясь прицельным приспособлением, размещенным на зрительной трубе, навести его светлый крест на наблюдаемую точку В. Зажать (легко) зажимные винты сначала колонки, затем – зрительной трубы. Вращением кремальеры фокусирующей системы, наблюдая в трубу, добиться четкого изображения объекта.

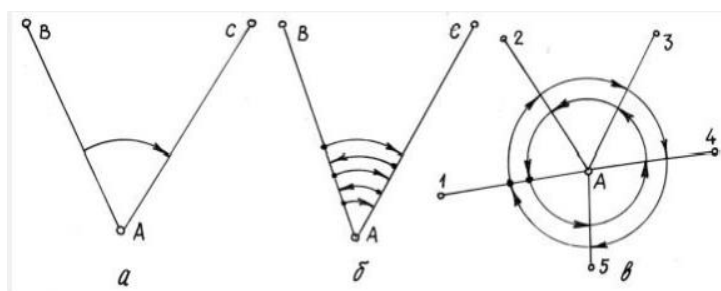


Рисунок 1. Измерение горизонтальных углов. а– способ приемов; б – способ повторений; в – способ круговых приемов.

3. Наводящими винтами колонки и зрительной трубы переместить изображение наблюдаемой точки на вертикальную нить сетки нитей недалеко от центрального перекрестия (либо вывести изображение точки точно в центр сетки нитей).
4. Взять отсчет по шкале горизонтального круга (см. табл. 5.2, отсчет
5. $117^{\circ} 36,5'$). Открепить колонку и зрительную трубу и выполнить наведение на точку С (по аналогии с наведением на т. В: пп. 2-4). Отсчет – $236^{\circ} 01,0'$.
6. Перед сменой круга ослабить зажимной винт подставки и повернуть колонку в любую сторону (на 1о – 2о). Затем этот винт снова закрепить. Ослабить зажимные винты колонки и зрительной трубы, перевести трубу через зенит и повернуть колонку на 180° . Такое положение колонки соответствует измерениям во втором полуприеме. В теодолите Т15, например, не имеется наводящего устройства в подставке. Однако такую же функцию выполняет у него курковый зажим. Перед сменой круга необходимо нажать на курок зажима и слегка повернуть колонку. Затем снова отпустить зажим нажатием на вторую защелку.
7. Выполнить последовательно все действия по пп. 2-5 с записью отсчетов в журнал. Вычисления в журнале заключаются в определении разностей отсчетов на правое (С) и левое (В) направления:

$236^{\circ} 01,0' - 117^{\circ} 36,5' = 118^{\circ} 24,5'$ (КЛ); $58^{\circ} 43,5' - 300^{\circ} 18,5' = (58^{\circ} 43,5' + 360^{\circ}) - 300^{\circ} 18,5' = 118^{\circ} 25,0'$ (КП). При получении отрицательного результата к меньшему значению следует прибавить 360° . Можно вычислить и угол β' , дополняющий угол β до 360° . Для этого из отсчета на левое (В) направление необходимо вычесть отсчет на правое (С) направление:

$$(117^{\circ} 36,5' + 360^{\circ}) - 236^{\circ} 01,0' = 241^{\circ} 35,5'; \quad 300^{\circ} 18,5' - 58^{\circ} 43,5' = 241^{\circ} 35,0'.$$

Если разность в значениях горизонтального угла, полученного в полуприемах, не будет превышать двойной точности теодолита, то вычисляют среднее значение угла из полуприемов. Если разность будет больше допустимой, то измерение угла необходимо выполнить заново.

Факторы, определяющие конкретные условия наблюдений: внешняя среда; принятая методика измерений; квалификация исполнителя. Все это, а еще тип используемого инструмента обуславливают точность получаемых результатов. При этом многократное измерение угла с целью повышения точности измерений оправдано только тогда, когда требуемая точность незначительно отличается от точности используемого прибора. Точность измерения углов зависит в первую очередь от погрешностей самого прибора, от точности установки прибора и вех, от точности визирования и отсчитывания по кругу. Влияние погрешности отсчета по верньерам на конечный результат уменьшают, измеряя угол способом повторений. Для более точного измерения углов теодолитов с большой ошибкой отсчитывания (Т30) надо измерять углы не по способу отдельного угла, а по способу повторений.

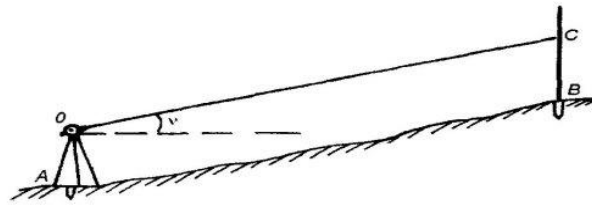


Рисунок 2. Принцип измерения вертикального угла.

При хорошем состоянии прибора и при соблюдении основных правил измерений углов инструментальные ошибки будут несущественны.

Внешняя среда тоже существенно ограничивает точность угловых измерений. Это объясняется тем, что высокоточные угловые измерения проводятся в приземном слое воздуха, непрерывно изменяющемся в течение суток. На точность измерений влияет соответственно и прозрачность атмосферы, колебания воздуха, освещенность визирных целей и фон, на который они проектируются.

Самыми существенными ошибками, возникающими под действием внешних условий, являются:

- влияние рефракции;
- конвекционные потоки воздуха;
- фазы визирных целей;
- кручение, гнутые и смещение вершины сигнала;
- влияние температуры.

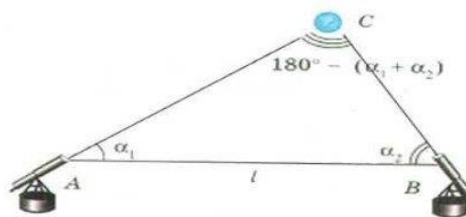


Рисунок 3. Схема измерения углов в триангуляции.

На точность измерения углов также оказывают влияние основные погрешности:

- 1) центрирования (зависит от неточности установки теодолита над точкой и длины стороны). Поэтому необходимо теодолит центрировать особенно тщательно, не допуская отклонения острия отвеса от точки более, чем на 2–3 мм. Учитывая ошибки, возникающие от влияния самих геодезических приборов, можно подвести итог и сделать такой вывод, что при построении съемочных сетей лучше всего применять теодолиты типа Т30, Т15, при построении сетей сгущения — Т5, Т2 и им соответствующие.
- 2) редукции (возникает из-за неточной установки визирных целей над точками). Следовательно, вместо вехи в таких случаях следует устанавливать над точкой шпильку от стальной ленты или гвоздь. При измерении угла теодолит приводят в рабочее положение над вершиной угла. В конце направлений, которые образуют измеряемый угол, помимо стандартных основных геодезических знаков устанавливают визирные цели — вехи, визирные марки и другие. Так как геодезический знак в некоторых ситуациях не видно, визирную цель устанавливают над знаком или за знаком вертикально. Если геодезический знак скрыт в земле, а визирная цель является веха, то визирную ось наводят на низ вехи.
- 3) визирования (зависит от точности наведения зрительной трубы на визирную цель и от увеличения зрительной трубы). Когда устанавливают вехи и

теодолиты, при построении съемочных сетей можно допустить ошибку не больше 10 мм, а при коротких сторонах данную ошибку надо будет значительно сократить. При построении сетей сгущения применяют приборы с оптическими центрами с целью — исключить влияние ошибок центрирования теодолита и установки вех.

- 4) снятия отсчета (зависит от цены деления шкалы отсчетного устройства) .

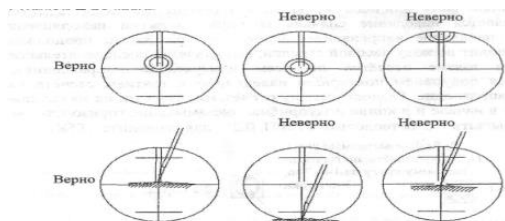


Рисунок 4. Схема наведения на учебную марку и реальную цель

Совместное влияние вышеперечисленных погрешностей не должно превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита, при условии, что при измерениях не было грубых просчетов. При соблюдении методики угловых измерений техническими теодолитами влияние погрешностей за центрирование и редуцирование можно свести к пренебрегаемо малым величинам .

Различные источники ошибок на точность измерения углов влияют различно, например, на один угол больше, на другой — меньше. Ошибки угловых измерений — случайные и систематические делят на три группы: происходящие от влияния приборов, от методики и тщательности выполнения работ, от влияния среды . Сложнее всего устранить систематические ошибки, поэтому их нужно очень тщательно изучать и сводить к минимуму путем введения поправок или соответствующей организации измерений. Влияние случайных ошибок ослабляют, увеличивая число приемов измерений до определенной величины .

При измерении углов теодолитом приборные ошибки обычно исключают из конечного результата, используя специальную методику. Например, ошибки, которые возникают вследствие коллимационной ошибки, неперпендикулярности оси вращения трубы к вертикальной оси вращения теодолита исключаются, если определить среднее из отсчетов при круге лево и круге право; влияние эксцентриситета исключается, когда при совмещают противоположные штрихи лимба .

Таким образом, методика исполнения измерений для повышения их точности играет очень важную роль в достижении объективных и достоверных результатах . Для более точного измерения углов теодолитов с большой ошибкой отсчитывания (Т30) надо измерять углы не по способу отдельного угла, а по способу повторений .

1. Гура Д. А. Разработка методов исследования электронных тахеометров в условиях производства для оценки и повышения точности измерения горизонтальных углов / автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 Геодезия / Московский государственный университет геодезии и картографии. Москва, 2016. — 24 с.
2. Желтко Ч. Н., Гура Д. А., Пастухов М. А., Шевченко Г. Г. Об исследованиях угломерных погрешностей электронных тахеометров // Монография. Краснодар, 2016, 143 с.
3. Желтко Ч. Н., Гура Д. А., Шевченко Г. Г. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территорий // Методические указания по выполнению контрольной работы для студентов заочной, дистанционной форм обучения и МИППС специальности 120303 Городской кадастр / Краснодар, 2010.
4. Интернет-ресурс: Курс лекций по геодезии // <https://refdb.ru/look/3918796-p6.html>
5. Интернет-ресурс: МобиСтрой // Точность измерения горизонтальных углов // <http://www.mobigeo.ru/tochnost-izmereniya-gorizontalnykh-uglov.html>
6. Интернет-ресурс: Файловый архив студентов // Измерение горизонтальных углов. Точность измерений // <http://www.studfiles.ru/preview/5443463/page:22/>
7. Интернет-ресурс: Источники ошибок при измерении горизонтальных углов // <http://greleon.ru/vgeodesy/litravishgeod/52-istochniki-oshibok-pri-izmerenii-gorizontalnyh-uglov.html>

Филатова А.В., Зверева К.К.

Геодезические разбивочные работы при строительстве

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-419

Аннотация

Каждое строительство здания или сооружения начинается с составления плана в электронном виде или же на бумаге. Когда чертеж готов и получены соответствующие разрешения, можно приступать к его воплощению в жизнь. Тем не менее, при довольно масштабных проектах, есть вероятность ошибиться в расчетах и неправильно «перенести» объект на строительную площадку. К счастью, разбивочные работы в геодезии помогают справиться с этой задачей и избежать возможных ошибок.

Ключевые слова: строительство, объект, разбивочные работы.

Abstract

Each construction of a building or structure begins with drawing up a plan in electronic form or on paper. When the drawing is ready and the appropriate permissions have been obtained, you can start implementing it. Nevertheless, with fairly large-scale projects, there is a possibility of making a mistake in calculations and incorrectly "transferring" the object to the construction site. Fortunately, center work in geodesy helps to cope with this task and avoid possible mistakes.

Keywords: construction, facility, center work.

Геодезические работы при строительстве инженерных сооружений начинают с создания геодезической разбивочной основы в виде сети закрепленных знаками геодезических пунктов, определяющих положение сооружения на местности и обеспечивающих выполнение последующих построений и измерений в ходе строительства с минимальными трудозатратами и с необходимой точностью.

Геодезическую разбивочную основу для строительства создают путем привязки к имеющимся в районе строительства пунктам государственной геодезической сети с учетом:

- проектного и существующего размещения сооружений и инженерных сетей на стройплощадке;
- обеспечения сохранности и устойчивости знаков, закрепляющих пункты разбивочной основы;
- геологических процессов, температурных, динамических и других воздействий в районе строительства, которые могут оказать неблагоприятные воздействия на качество построения разбивочных сетей;
- использование геодезической разбивочной основы для последующей эксплуатации возводимого объекта, его развития и реконструкции.

Разбивочную сеть строительной площадки создают для выноса в натуру основных осей сооружения, а при необходимости и для построения внешней разбивочной сети, для производства исполнительных съемок. Внешнюю разбивочную сеть инженерного сооружения создают для выноса в натуру и закрепления проектных параметров сооружения, производства детальных разбивочных работ и производства исполнительных съемок.

В зависимости от вида сооружаемого объекта разбивочную сеть строительной площадки создают либо в виде линий регулирования застройки (например, автомобильные дороги, мостовые переходы), либо в виде правильной строительной сетки, как правило, с размерами сторон 50, 100, 200 м.

Высотное обоснование строительства создают в виде нивелирных сетей строительной площадки и внешней разбивочной основы, опирающихся не менее чем на два репера

государственной нивелирной сети. Пункты плановой и высотной разбивочных сетей обычно совмещают.

Построение геодезических разбивочных сетей инженерных сооружений осуществляют методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии, засечек и другими методами.

Закрепление пунктов геодезической разбивочной основы осуществляется закладкой геодезических знаков в соответствии с требованиями нормативных документов по геодезическому обеспечению строительства. Создание геодезической разбивочной основы, осуществляемое на менее чем за 10 дней до начала строительных работ, входит в обязанности заказчика.

Приемка подрядчиком разбивочной основы для строительства оформляется соответствующим актом, при этом принятые знаки геодезической основы в ходе строительства находятся под наблюдением за их сохранностью и устойчивостью и не реже двух раз в год проверяются путем повторных геодезических измерений.

Разбивочные работы в ходе строительства выполняют для обеспечения выноса в натуру от пунктов геодезической разбивочной сети с заданной точностью осей сооружений и высот, определяющих в соответствии с рабочей документацией положение в плане и по высоте частей и конструктивных элементов сооружений.

Непосредственно перед выполнением разбивочных работ исполнитель должен проверить положение знаков разбивочной сети повторными геодезическими измерениями.

Определение высотного положения элементов и частей инженерных сооружений с соответствующей точностью, а также перенос высот с исходного горизонта на монтажный, осуществляют как правило методом геометрического нивелирования или другими методами, обеспечивающими необходимую точность.

В ходе производства строительно-монтажных работ подрядчик осуществляет постоянный геодезический контроль точности геометрических параметров сооружаемого объекта, что является обязательной составной частью контроля качества строительства.

Геодезический контроль точности геометрических параметров возводимых инженерных сооружений заключается в геодезической проверке соответствия положения их частей и конструктивных элементов проекту в ходе строительно-монтажных работ и в выполнении исполнительных геодезических съемок по завершению строительства. Исполнительную геодезическую съемку подземных коммуникаций обязательно выполняют до засыпки траншей.

Погрешности измерений при геодезическом контроле строительно-монтажных работ и при исполнительных съемках не должны быть более 0,2 величин допустимых отклонений, регламентируемых нормативными документами и проектом производства работ.

По результатам исполнительных геодезических съемок составляют исполнительные схемы или исполнительные чертежи в тех же масштабах, что и соответствующие рабочие чертежи, которые затем используют при приемочном контроле и оценке качества строительно-монтажных работ.

В последние годы при строительстве инженерных объектов стали находить применение лазерные геодезические приборы и системы, позволяющие осуществлять не только качественный оперативный геодезический контроль в ходе строительно-монтажных работ, но и обеспечивать автоматическое, либо полуавтоматическое управление работой строительных машин и механизмов. Широкое внедрение лазерной техники в строительный процесс является неременным залогом резкого повышения производительности и качества строительных работ.

1. Булгаков Н.П., Рывина Е.М., Федотов Г.А. Прикладная геодезия: учебник для вузов / Н. П. Булгаков, Е. М. Рывина, Г. А. Федотов. - Москва: Недра, 1990. - 416 с. - Библиогр., 252-255
2. Киселев М.И., Михелев Д.Ш., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия: Учебник для вузов / Под ред. Михелева Д.Ш. - 4-е изд., испр. -М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 480 с., 194-196

Филатова А. В., Кулгарин Д. А.

Анализ применения геодезических методов измерений в сельском хозяйстве

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-420

Аннотация

Статья представляет собой исследование о внедрении геодезических методов и технологий в сельскохозяйственную отрасль. Автор исследует эффективность и преимущества использования геодезической информации в различных аспектах сельскохозяйственного производства. Основываясь на практических примерах и анализе данных, автор делает выводы о полезности и выгодах применения геодезических методов в сельском хозяйстве и предлагает рекомендации по их эффективному внедрению. Исследование имеет практическую значимость и может быть полезным для специалистов и руководителей в сельскохозяйственной отрасли, которые заинтересованы в оптимизации процессов и повышении производительности в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: анализ, методы, сельское хозяйство, планирование, контроль.

Abstract

The article is a study on the implementation of geodetic methods and technologies in the agricultural industry. The author explores the effectiveness and benefits of using geodetic information in various aspects of agricultural production. Based on practical examples and data analysis, the author draws conclusions about the usefulness and benefits of using geodetic methods in agriculture and offers recommendations for their effective implementation. The study has practical significance and can be useful for specialists and managers in the agricultural industry who are interested in optimizing processes and increasing productivity in agricultural production.

Keywords: analysis, methods, agriculture, planning, control.

Геодезические методы играют важную роль в сельском хозяйстве, поскольку они позволяют получить точные данные о рельефе земли, расположении полей, а также о различных характеристиках почвы. Эти данные затем используются для принятия решений в области сельского хозяйства, таких как планирование урожая, определение оптимальных мест для размещения складов и инфраструктуры, а также для оценки продуктивности почвы и использования ресурсов. Одним из основных геодезических методов, применяемых в сельском хозяйстве, является определение границ полей. Благодаря использованию специальных приборов, таких как землеизмерительные теодолиты и тахеометры, геодезисты могут точно определить границы участков земли и создать карту, которая будет использоваться для планирования севооборотов и распределения удобрений. Теодолит – это устройство, применяющееся в геодезии для определения значений вертикальных и горизонтальных углов. Как видно на фото теодолита, основным элементом конструкции является зрительная труба, соединённая с микроскопом. Кроме этого, важными составляющими элементами считаются:

- Лимбы. Служит для проведения отсчётов.
- Алидада. Соединена с лимбами. Представляет собой поворотную линейку с нанесённой штриховкой.
- Винты. Могут быть наводящими и закрепительными. Необходимы, чтобы плавно настроить теодолит и зафиксировать его местоположение.
- Оптический отвес. Используется для определения координат устройства.
- Тренога. Требуется, чтобы установить аппарат для проведения измерений.



Рисунок 1. Прибор используемый в сельском хозяйстве ,теодолит.

Другим важным геодезическим методом в сельском хозяйстве является высотный определитель. С его помощью можно определить высоту каждой точки на участке земли. Это позволяет оценить наклонность земельного участка и эффективно планировать использование механизации в сельскохозяйственном производстве. Геодезические методы также используются для оценки состояния почвы. С помощью специальных инструментов геодезисты могут измерить такие параметры почвы, как плотность, влажность и содержание питательных веществ. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации использования удобрений и оценки качества почвы. Кроме того, геодезические методы могут быть использованы для планирования и контроля полива. С помощью спутниковых систем глобального позиционирования (GPS) можно определить точное положение поливных систем и контролировать целевое распределение воды на поле.

Таким образом, использование геодезических методов в сельском хозяйстве позволяет повысить производительность и эффективность процессов, связанных с земледелием. Они помогают улучшить планирование и контроль в сельском хозяйстве, а также способствуют более эффективной и устойчивой эксплуатации участков земли.

Геодезическая аналитика в сельском хозяйстве имеет ряд преимуществ и возможностей, которые помогают улучшить эффективность и оперативность работы в данной отрасли. Вот некоторые из них:

Точное местоположение и картография: Геодезическое оборудование позволяет точно определить местоположение объектов, таких как поля, здания, склады, и т. д. Это помогает в создании точной карты территории и позволяет легко управлять ресурсами и планировать работу.

Размещение культур: Геодезическая аналитика позволяет определить оптимальное размещение культурных растений на поле, учитывая такие факторы, как рельеф, почвенные характеристики и доступность воды.

Планирование и мониторинг полей: С помощью геодезического оборудования можно планировать различные операции на поле, такие как посев, полив, удобрение и сбор урожая.

Управление ресурсами: Геодезическая аналитика помогает сократить расходы на воду, удобрения и химические препараты, так как позволяет оптимизировать их использование в соответствии с потребностями каждого участка земли.

Повышение точности сбора данных: Геодезическая аналитика позволяет собирать точные данные о состоянии почвы, погодных условиях и других факторах, влияющих на урожайность.

Анализ и прогнозирование: Геодезическая аналитика позволяет анализировать и прогнозировать результаты работы на поле. Зная данные о предыдущих урожаях, погодных условиях и других факторах, можно предсказать результаты работы и принять меры для улучшения эффективности и рентабельности.

Таким образом, геодезическая аналитика в сельском хозяйстве предоставляет множество преимуществ и возможностей, способствующих повышению эффективности и улучшению

рентабельности работы. Она помогает сократить затраты, улучшить планирование и мониторинг, повысить точность данных и прогнозировать результаты работы на поле.



Рисунок 2. Аналитика полей.

Вот несколько примеров успешного применения геодезических методов в сельскохозяйственных предприятиях:

1. Картография: Геодезические методы используются для создания цифровых карт полей и участков сельхозпредприятий.
2. Планирование эффективного землепользования: Геодезические методы могут быть использованы для определения оптимальной конфигурации полей и размещения инфраструктуры на сельскохозяйственных предприятиях. Это помогает снизить затраты на обработку земли, улучшить экономическую эффективность и минимизировать окружающий экологический ущерб.
3. Управление водными ресурсами: Геодезические методы позволяют сельскохозяйственным предприятиям более эффективно управлять системами орошения и дренажа.

Эти примеры демонстрируют, как геодезические методы могут эффективно применяться в сельскохозяйственных предприятиях для оптимизации процессов управления землепользованием, водными ресурсами и повышения урожайности.

1. Иванов, А.А., Кузнецов, В.И., & Смирнов, И.П. (2015). Применение геодезических методов в сельском хозяйстве: проблемы и перспективы. *Вестник сельскохозяйственной науки*, 2(10), 62-68.
2. Соколов, В.П., & Петров, А.А. (2017). Геодезические методы и технологии в аграрном производстве. Москва: Издательство "Аграрное дело".
3. Гусев, А.Н., & Кузьмин, В.А. (2018). Применение геодезических методов в агробизнесе. *Геодезия, картография и аэрофотосъемка*, 3(17), 47-53.
4. Павлов, А.С., & Белов, В.Г. (2019). Геодезические методы контроля и управления в сельском хозяйстве. *Сельскохозяйственная техника и оборудование*, 3(45), 42-47.
5. Крылов, В.Н., & Лебедев, А.М. (2020). Применение геодезических методов для оптимизации земледелия. *Вестник аграрной науки*, 6(18), 62-69.

Филатова А.В., Леонова З.А.

Опыт применения спутниковой геодезической аппаратуры при проведении инженерно-геодезических изысканий

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-421

Аннотация

В статье рассматриваются методы использования спутниковых технологий при выполнении геодезических изысканий для формирования совершенного и исчерпывающего представления о ситуации и рельефе местности, что является важной задачей, для получения

информации о существующих объектах капитального строительства, требуемых для комплексной оценки природных и техногенных условий территории.

Ключевые слова: спутниковые методы; геодезическая съемка; инженерно-геодезические изыскания; привязка к пунктам государственной геодезической сети.

Abstract

The article discusses the methods of using satellite technologies when performing geodetic surveys to form a perfect and comprehensive picture of the situation and terrain, which is an important task to obtain information about existing capital construction projects required for a comprehensive assessment of natural and man-made conditions of the territory.

Keywords: satellite methods; geodetic survey; engineering and geodetic surveys; linking to points of the state geodetic network.

Прикладная геодезия изучает методы геодезических работ при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений, при разведке, использовании и эксплуатации природных богатств. В более узком смысле в инженерной геодезии изучаются методы топографических изысканий и вынесения в натуру проектов сооружений. Изыскания – это комплекс проблемных, экономических и технических исследований района предполагаемого строительства, с целью получения данных, необходимых для решения основных вопросов проектирования, строительства и эксплуатации сооружений.

Геодезические изыскания выполняются в соответствии с техническим заданием, в котором отражают: общую характеристику объекта; стадии его проектирования; данные о местоположении и границах участков работ; сведения о видах и объемах геодезических и топографических работ; данные о площадях и масштабах съемок, высотах сечения рельефа по отдельным участкам; указания об очередности производства работ и сроках выдачи материалов; особые требования к выполнению работ.

Главным видом геодезических работ при организации деятельности по отношению к площадным и линейным объектам являются инженерные изыскания. Необходимая для этого информация может быть получена при помощи инженерно-геодезических, инженерно-геологических, гидрологических и гидрогеологических методов сбора данных.

Только применение всех видов инженерных изысканий в совокупности позволяет получить полную и достоверную информацию обо всех составляющих изучаемой местности, а также помогает полностью достичь поставленных задач, то есть составить планы, карты, продольные и поперечные профили.

Для осуществления работ по инженерно-геодезическим изысканиям первым шагом создается геодезическое обоснование, то есть производится привязка к пунктам государственной геодезической сети. На данном этапе развития технологий в сфере геодезической деятельности широко распространено применение спутниковых геодезических средств глобальной навигационной спутниковой системы. По сравнению с классическими методами получения геодезических данных, спутниковые методы превосходят их в скорости и точности, что позволяет повысить производительность в 10-15 раз.

Спутниковые геодезические измерения проводились для получения информации о планировке существующих объектах капитального строительства и элементах планировки, которые необходимы для комплексной оценки природных и техногенных условий территории строительства. Данные работы проводились в Охинском и Ногликском районах, расположенных в Сахалинской области, а также на территории Хабаровского края в районах Николаевском и Ульчском. Участок выполняемых работ протянулся от БКП «Чайво» до БП «Чайво». Для этой местности характерно избыточное увлажнение и болота. Ландшафт рабочей территории представляет собой плоскую равнинную территорию без большого количества древесно-кустарниковых насаждений или обширной застройки, которые могли помешать прохождению сигнала спутника. Данный тип местности представляет собой наиболее удобный для применения спутниковых методов выполнения геодезической съемки.

Суть статического метода заключается в получении координат точки, путем установления над ней штатива с антенной. Этот штатив в процессе измерения ориентируется на север, центрируется и нивелируется с применением оптического центрира. Также немаловажным фактором, влияющим на точность измерений, является предварительное надежное закрепление высоты антенны.

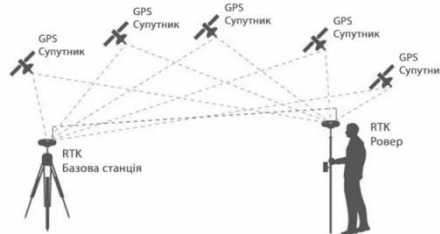


Рисунок 1. Спутниковые геодезические приемники.

Выполняемые измерения производятся относительно фазового центра антенны, что предполагает оказание влияния на определение координат по всем трем осям при неправильном измерении высоты антенны или ее изменении. В целях осуществления контроля предварительно каждому наблюдению и после него осуществлялось измерение высоты. По итогам двух измерений высоты делается вывод о пригодности произведенного сеанса съемки для последующего использования. Это выполняется путем сравнения двух ранее измеренных высот антенны. Если разность между ними составляет менее 2 мм, то сеанс считается пригодным, в противном случае он исключается из дальнейшей обработки.

Спутниковые методы позволяют производить геодезические измерения, не устанавливая зрительный контакт между базовой станцией и точкой, координаты которой необходимо определить. На данном этапе развития ГНСС одиночные базовые станции обеспечивают сантиметровую точность на расстоянии в 25-30 км, что на во множество раз превосходит расстояния, покрываемые классическими методами.

Стоит учитывать, что спутниковые методы, как правило, используют пространственную линейную засечку для определения местоположения точек на местности. Это подразумевает под собой, что точность определения координат точки зависит как от точности выполненных измерений, так и от расположения наблюдаемых приемником спутников на небосводе.

Также необходимо иметь в виду, что проведение геодезической съемки с применением спутниковых методов является довольно дорогостоящим мероприятием. Данная процедура требует единовременных дорогостоящих вливаний, что может повлиять на выбор заказчика в пользу других видов организации геодезических работ.

1. Пшидаток С. К., Применение современных геодезических технологий при мониторинге земель /Пшидаток С. К.// В книге: Научно-технологическое обеспечение агропромышленного комплекса России: проблемы и решения. Сборник тезисов по материалам V Национальной конференции. Краснодар, 2020. С. 91.
2. Пшидаток С. К., Особенности применения различных видов сканирования /Пшидаток С. К., Лукьянова М. С.// В книге: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции. Ответственный за выпуск А. Г. Кошаев. 2019. С. 488-489.
3. Солодунов А. А., Возможности применения лазерного сканирования /Лукьянова М. С., Солодунов А. А.// В сборнике: Студенческие научные работы землеустроительного факультета. Сборник статей по материалам Международной студенческой научно-практической конференции. 2020. С. 118-123.
4. Шевченко О. И. Применение спутниковых систем в сельском хозяйстве / О. И. Шевченко, С. С. Струсь // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2015 год, Краснодар, 12 апреля 2016 года / Министерство сельского хозяйства РФ; ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина». - Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. - С. 270-273.
5. Загретдинов Р.В. Основные инженерно-геодезические изыскания при строительстве сооружений / Р.В. Загретдинов, Р.В. Комаров, А.Е. Сапронов, М.Г. Соколова. - Казань: Казан. ун-т, 2020. – 98 с.

Филатова А. В., Ошлаков А.А.

Геодезический мониторинг зданий и сооружений: цели, этапы и результаты проведения
Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-422

Аннотация

Геодезический мониторинг зданий и сооружений представляет собой комплекс работ, осуществляемый в процессе строительства, реконструкции или эксплуатации объектов с целью наблюдения за деформациями. Исследования направлены на выявление критических величин деформаций, а также установку причин их появления и составление прогнозов дальнейшего развития. В этой статье рассмотрим основные цели, этапы и результаты проведения геомониторинга.

Ключевые слова: анализ, методы, мониторинг, геомониторинг.

Abstract

Geodetic monitoring of buildings and structures is a set of works performed in the process of construction, reconstruction or operation of objects in order to observe deformations. The research is aimed at identifying critical values of deformations, as well as establishing the causes of their occurrence and making forecasts of their further development. In this article we will consider the main tasks, stages and results of geomonitoring.

Keywords: analysis, methods, monitoring, geomonitoring.

Для чего необходим геодезический мониторинг

В процессе проведения строительных или реставрационных работ вес объекта может увеличиваться, что приводит к различным осадкам и сдвигам грунта. Чтобы исключить риск обрушения, обеспечить его безопасную эксплуатацию проводится геодезический мониторинг зданий и сооружений. Он позволяет своевременно определить начинающийся процесс деформации, выявить причины его появления и спрогнозировать процесс развития.

В каких случаях обязательно проводится геомониторинг

- В процессе строительства и реконструкции сооружений.
- В процессе строительства и эксплуатации промышленных объектов: энергетических, гидротехнических и прочих.
- При реконструкции памятников архитектуры.
- При изменении гидрологического или геологического режимов.

В нормативных актах СНиП, СП и ГОСТ предусмотрены осадки, крены и различные деформации зданий, которые допустимы в процессе их возведения. Главная задача геодезистов при проведении данного комплекса работ — не допустить, чтобы фактические значения деформаций превышали указанные предельно допустимые показатели.

Геомониторинг нужно проводить в течение не менее одного года после завершения строительства или реконструкции. Это необходимо для контроля вертикальных перемещений (осадок), горизонтальных перемещений (сдвигов) и отклонений от вертикали (кренов) с целью предупреждения риска появления деформаций, обрушений и несчастных случаев. При отсутствии стабилизации изменений контролируемых параметров деформаций требуется продлить сроки выполнения мониторинга.

Задачи, которые решает геодезический мониторинг

- Обеспечение безопасности работ при строительстве или реконструкции объекта, а также в процессе его последующей эксплуатации (включая окружающую застройку).
- Исключение риска обрушения здания в процессе возведения и дальнейшей эксплуатации.

- Предупреждения незапланированных затрат, связанных с проведением внеплановых восстановительных или ремонтных работ.

Как правило, вопрос о необходимости проведения геомониторинга решается на стадиях предпроектной подготовки, проектного обеспечения строительства или реконструкции объекта.

Как проводится геомониторинг

В процессе проведения работ определяются сдвиги, осадки, крены сооружений и зданий, в том числе их подземной части. Инженеры-геодезисты анализируют состояние инженерных коммуникаций, объектов окружающей застройки, грунтового массива и подземных вод. С помощью специального оборудования фиксируются все необходимые параметры, которые в последующем подвергаются камеральной обработке.

В зависимости от требований, указанных в техническом задании, и целей проведения различают несколько видов геодезического мониторинга. Для каждого из них применяются свои методы измерений (проецирование, координирование, измерение направлений или углов).

Основные виды геомониторинга:

- Горизонтальных смещений (кренов, сдвигов).
- Вертикальных смещений (осадок) сооружений, зданий и инженерных коммуникаций.
- Трещин объектов (зданий и сооружений).
- Грунтового массива (в том числе подземных вод).

Если на несущих конструкциях зданий и сооружений были обнаружены дефекты (трещины), организовывается визуальный деформационный мониторинг. Это комплекс работ, который направлен на систематическое наблюдение за их текущим состоянием и возможным развитием. Он необходим, чтобы выяснить причину появления и характер деформаций конструкций и оценить степень их опасности при дальнейшей эксплуатации.

При выявлении трещин в конструкциях определяется их форма, положение, распространение по длине, направление, ширина и глубина раскрытия. По мере необходимости выполняется установка деформационных маяков. При проведении геодезического мониторинга грунтового массива осуществляются измерения его плановых и высотных перемещений, при необходимости определяется уровень и химический состав подземных вод.

Геомониторинг проводится:

Перед началом строительства (мониторинг массива грунта, в том числе и уровня подземных вод, и сооружений окружающей застройки).

На начальном этапе строительства (мониторинг ограждающих конструкций котлована с момента экскавации грунта).

В процессе возведения надземной части здания или сооружения для контроля вертикальных перемещений (осадок) и отклонений от вертикали (кренов).

В течение одного года после ввода объекта в эксплуатацию.

Геодезический мониторинг призван обеспечивать безопасное возведение новых строительных объектов, а также эксплуатационную надежность реконструируемых зданий и новостроек.

Этапы проведения геодезического мониторинга

Перед началом проведения работ составляется специальная программа геодезического мониторинга, которая содержит описание исследуемых объектов, геологической обстановки и других параметров, оказывающих влияние на виды и точность геодезических работ.

Наблюдения за вертикальными перемещениями осуществляются с помощью высокоточных электронных нивелиров методом геометрического нивелирования по деформационным маркам, устанавливаемым по всему периметру здания, а при необходимости и внутри него. Для измерения крена требуется установка геодезических знаков на верхней и цокольной части объектов. В зависимости от необходимой точности, задач и условий строительной площадки, выбирается оптимальный метод проведения исследований: с помощью цифрового тахеометра или прочего оборудования. Для измерения горизонтальных

перемещений подпорных стен, ограждения котлована, отдельных конструкций зданий и прочих объектов мониторинга, по периметру осуществляется установка деформационных марок.

Деформационный мониторинг трещин подразумевает проведение периодических осмотров зданий с целью фиксации дефектов (сколов, трещин и пр.). На выявленных трещинах проводится установка деформационных маяков для проведения периодических наблюдений за их раскрытием (фиксации ширины, длины и направления). В результате составляется дефектная ведомость.

Таким образом, геомониторинг подразумевает циклические измерения деформаций. В ходе проведения исследований инженеры получают данные, необходимые для расчетов деформационных характеристик, определения скорости их изменений и сравнения с предельными значениями. В результате составляется технический отчет, содержащий детальную информацию о полученных деформациях (фотографии, ведомости, схемы расположения марок и пр.), выводы и при необходимости рекомендации.

Результаты работ

По завершении работ клиенту предоставляется технический отчет, включающий в себя краткое описание (характеристику) объекта, ведомости, анализ, выводы и рекомендации.

В состав общего технического отчета входят:

1. Характеристика объекта;
2. Методику проведения геодезических работ (полевых и камеральных);
3. Перечень используемого оборудования и точность измерений;
4. Общие ведомости деформационных характеристик (включают в себя вычисленные значения по всем циклам наблюдений и результаты оценки точности измерений);
4. Итоговое значение деформаций (по каждой отдельно взятой точке наблюдения). Вычисляется на основе показателей, полученных в ходе измерений первого и последнего циклов исследований;
5. Анализ результатов, сопоставление с предельно допустимыми и расчетными значениями;
6. Выводы и рекомендации;
7. Схема расположения деформационных марок. На нее наносятся пронумерованные контрольные точки с указанием суммарных и текущих значений деформационных характеристик по каждой из них.

Также отчет может содержать: чертежи объекта с линиями равных деформаций, графики деформаций и эпюры распределения осадок по периметру объекта (если это было предварительно указано в техническом задании заказчика).

1. В.В. Симонян, Н.А. Шмелин, А.К. Зайцев Геодезический мониторинг зданий и сооружений как основа контроля за безопасностью при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений. Под общей редакцией кандидата технических наук, доцента В.В. Симоняна 2-е издание Москва 2016

Филатова А. В., Ситало В.В.

Геодезические и картографические работы в геодезии

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-423

Аннотация

Статья представляет собой исследование, о том, что такое геодезические и картографические работы и какую роль они играют в различных сферах человеческой деятельности. Автор исследует особенности геодезических работы и картографических работы, оборудование на котором основаны данные работы и дает полное представления о

деятельности людей, работающих в этих сферах. Основываясь на анализе данных, автор приходит к выводу о роли и влиянии геодезических и картографических работ на жизнедеятельность человека.

Ключевые слова: геодезические работы, картографические работы, строительство, обработка, анализ, измерение.

Abstract

The article is a study of what geodetic and cartographic works are and what role they play in various spheres of human activity. The author explores the features of geodetic works and cartographic works, the equipment on which these works are based and gives a complete picture of the activities of people working in these areas. Based on the analysis of the data, the author comes to the conclusion about the role and influence of geodetic and cartographic works on human life.

Keywords: geodetic works, cartographic works, construction, processing, analysis, measurement.

Геодезические и картографические работы – ключевые компоненты современной геодезии, которые играют важную роль в различных сферах человеческой деятельности, таких как строительство, геология, геологоразведка, транспорт, телекоммуникации, энергетика и прочее. Эти работы включают в себя сбор, обработку, анализ и представление геодезической и картографической информации.

Геодезические работы включают измерения и расчеты, проводимые для определения и описания географических объектов, таких как точки на земной поверхности, ее форма и размеры. Геодезические работы включают такие процедуры, как триангуляция, трилатерация, нивелирование, гравиметрия, GPS-измерения и другие. Эти работы позволяют создавать точные цифровые модели местности, координатные системы и картографические базы данных.



Рисунок 2. Прибор, используемый в геодезических работах – нивелир.

Картографические работы, с другой стороны, связаны с созданием и обработкой карт и графических представлений географической информации. Картографические работы включают фотограмметрию, геоинформационные системы (ГИС), цифровую обработку изображений, составление карт и атласов. Создание картографических изображений требует точных геодезических данных для геопривязки и машинного воспроизведения пространственных моделей.

Геопривязка - это процесс присвоения местоположений географическим объектам в рамках географической системы отсчета. Она имеет фундаментальное значение для геопространственных технологий в целом и геоинформационной системы (ГИС) в частности. В зависимости от фактического пространственного разрешения механизмы геопривязки обычно подразделяются на метрическую геопривязку и косвенную геопривязку.

С помощью геодезических и картографических работ можно осуществлять контрольные измерения строительства, создавать планы земель, проводить межевание - это работы по установлению границ земельного участка, их восстановлению и закреплению на местности, а

также определению его местоположения и площади, саперные работы, определять точки геодезического контроля для больших инженерных проектов.

Геодезия и картография играют важную роль в планировании и управлении территориями, сохранении окружающей среды и ведении различных научных исследований.

Современные геодезические и картографические работы обычно основаны на использовании современного оборудования и технологий, таких как спутниковая навигация (ГЛОНАСС, GPS), аэрофотосъемка, лазерное сканирование и геоинформационные системы. Эти технологии позволяют собирать, обрабатывать и анализировать геодезические данные с высокой точностью и эффективностью.

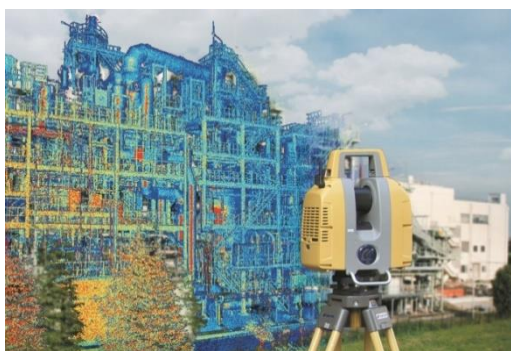


Рисунок 3. Лазерное сканирование зданий в геодезии.

В настоящее время, геодезические работы, могут потребоваться практически для любых целей. Прежде всего, подобные работы требуются до начала строительных работ, на различных видах участков. Стоит отметить, что существует огромное количество компаний, которые занимаются предоставлением подобных услуг. Геодезические работы в строительстве – это неотъемлемая часть, без которой у вас не будет возможность построить дом, или любой другой объект. Что касательно данной услуги, то ей стоит воспользоваться в то время, когда еще строительные работы не начаты, а лишь планируются. Исследуется грунт, что позволяет понять, его плотность, наличие или отсутствие подземных вод и многое другое. В случае если вы своевременно проведете данную работу, то сможете понять, не только наличие губительных факторов для строительства, но и выбрать то место, где производить ремонтные работы будет наиболее правильно.

Кадастровый инженер (землемер) — специалист, выполняющий работы в области межевания земель, кадастровых работ, связанных с недвижимостью. Название профессии происходит от французского слова «cadastre», что означает «опись имущества». Кадастровые инженеры, имеющие действующий квалификационный аттестат государственного образца и состоящие в саморегулируемой организации кадастровых инженеров, занимаются деятельностью, связанной с проведением необходимых замеров и работ по определению статуса, границ и специфики земельных участков и расположенного на них недвижимого имущества. Они занимаются созданием сопутствующих практической деятельности указаний и планов, а также осуществлением оформления всей необходимой базы документов, предоставляемых по текущим случаям в государственные органы.

Геодезист — это специалист в области геодезии, который занимается измерением и определением формы, размеров, положения и взаимного расположения различных объектов на земной поверхности или в пространстве, а также созданием пространственных моделей для различных инженерных, строительных и географических задач. Инженер-геодезист отвечает за соблюдение точности во время строительных работ, нередко геодезист должен руководить рабочими для правильного исполнения монтажных работ. Профессия требует высокой внимательности, так как ошибка инженера-геодезиста может привести к большим убыткам, а порой и к трагическим последствиям. При строительстве любого объекта применяются специальные приборы для обеспечения геодезического контроля взаимного расположения ответственных узлов промышленных, гидротехнических, жилых и прочих сооружений.

Геодезисты решают не только производственные задачи, но и ведут научно-исследовательские работы, чтобы создать новые методы измерений и приборы для этой цели.

В отличие от кадастрового инженера геодезист выполняет более широкий спектр работ в области геодезии, в то время как кадастровый инженер выполняет узкоспециализированную часть геодезических работ, исключительно в рамках кадастровой деятельности

В заключение, геодезические и картографические работы играют незаменимую роль в современном мире, обеспечивая точное измерение и представление географической информации. Эти работы являются основой для развития и управления различными отраслями человеческой деятельности и имеют большое значение при планировании и принятии решений на уровне государств и коммерческих организаций.

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Инженер-геодезист>
2. 50 лет советской геодезии и картографии. - М.: Недра, 2019. - 482 с.
3. Золотова, Е. В. Геодезия с основами кадастра / Е.В. Золотова, Р.Н. Скогорева. - М.: Академический Проект, Трикта,
4. Геодезия и картография на современном этапе развития. 1919-1989. - М.: Недра, 2019. - 184 с
5. Малый атлас мира. - М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 2018. - 148 с.
6. https://ru.wikipedia.org/wiki/Кадастровый_инженер

Халиков Р.М.¹, Иванова О.В.¹, Павлов С.Ю.², Глазачев А.О.¹

Эффективное укрепление оснований дорожного полотна автодорог известково-шлаковыми вяжущими на базе многотоннажных отходов

¹*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

²*Уфимский университет науки и технологий*

(Россия, Уфа)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-424

Аннотация

Проанализированы возможности многотоннажных известьесодержащих отходов содового производства Башкортостана для получения ресурсосберегающих дорожных строительных материалов. Разработанное гидравлическое известково-шлаковое вяжущее рекомендовано для укрепления грунтовых оснований автодорог; результаты испытаний показали, что прочность образцов укрепленного грунта дорожного полотна с добавкой 8% известково-шлакового вяжущего соответствует марке М30, коэффициент водостойкости составляет 0,92.

Ключевые слова: известьесодержащие отходы, рециклинг, укрепление грунтов, основание автодорог.

Abstract

The possibilities of multi-tonnage lime-containing soda production wastes of Bashkortostan for obtaining resource-saving road construction materials are analyzed. The developed hydraulic lime-slag binder is recommended for strengthening the soil foundations of highways; the test results showed that the strength of the samples of the reinforced soil of the roadway with the addition of 8% lime-slag binder corresponds to the M30 brand, the coefficient of water resistance is 0.92.

Keywords: lime-containing waste, recycling, strengthening of soils, the foundation of highways.

При промышленной добычи, транспортировки и использования невозобновляемых минеральных полезных ископаемых, в том числе природного сырья – известняков, происходят аккумуляция техногенных отходов и геоэкологические трансформации окружающей антропогенной среды. Расширение использования вторичных ресурсов – многотоннажных

отходов регионального содового производства Республики Башкортостан в востребованных, экологических технологиях рециклинга [1] природного сырья остается актуальной задачей.

Данная статья нацелена на исследование возможностей использования гидравлического известково-шлакового вяжущего на базе отходов содового производства и доменных шлаков для укрепления грунтовых оснований автомобильных дорог.

Для производства кальцинированной соды (Na_2CO_3) по технологии Сольве в качестве природных сырьевых материалов используют: для катионов натрия Na^+ – каменная соль (NaCl); источником карбонат-анионов CO_3^{2-} является известняк (CaCO_3). Промышленная добыча известняка осуществляется методом открытой разработки на карьере в Шахтауском месторождении Башкортостана. Производство кальцинированной соды на «Башкирской содовой компании» (г. Стерлитамак, Республика Башкортостан), запущенного в 1951 году, сопровождается образованием большого количества многотоннажных отходов в виде шламов. На 1 тонну произведенной кальцинированной соды по аммиачному способу технологии Сольве приходится 8-10 м³ дистиллерных шламов [2]. Шламонакопитель АО «Башкирская содовая компания» дислоцируется на берегу реки Белая, состоит из 10 отсеков, занимает площадь более 462 га, а накопленный объем дистиллерных шламов составляет примерно 60 млн. тонн [3].

В качестве компонентов гидравлического вяжущего выбраны следующие материалы: известьесодержащие отходы содового производства «Башкирской содовой компании» (дистиллерные шламы, обезвоженные фильтрационным прессованием) после обжига; шлак доменный молотый – вторичный сырьевой ресурс Челябинского металлургического комбината (г. Челябинск). Подготовка исходных сырьевых материалов для использования в составе гидравлического известково-шлакового вяжущего производится по следующей технологии: известьесодержащие отходы (ИСО) содового производства после обжига при температуре 950°С подвергается предварительному измельчению (дроблению) до фракции 1-5мм; далее измельченный обожженный ИСО смешивается с порошкообразным доменным шлаком. На рисунке 1 представлена схема переработки побочных шламов содового производства для получения известково-шлаковых вяжущих.



Рисунок 1. Схема получения гидравлических известково-шлаковых вяжущих материалов с использованием крупнотоннажных содовых отходов.

При смешивании известково-шлакового вяжущего с водой сначала протекают реакции гидратации известьесодержащего компонента и доменного шлака. Твердение известково-шлакового вяжущего корректно объясняется в рамках фрактальной интерпретации: катализирующим действием ионов Ca^{2+} , OH^- и частично SO_4^{2-} на компоненты шлака; гипс, активно воздействуя на глиноземистые компоненты шлака, ускоряет твердение вяжущего на базе отходов содового производства. Постепенно нанокomпозиционные дорожные стройматериалы затвердевают с образованием достаточно прочных силикатов и алюминатов фрактальной структуры [4].

Разработанные известково-шлаковые вяжущие – инновационные композиты востребованы в Башкортостане для укрепления грунтовых оснований автодорог. Одним из

ведущих тенденций дорожного строительства является увеличение экологичности проектируемой реконструкции; использование рециклинга дорожно-строительных материалов является перспективным трендом в реализации национального проекта Российской Федерации «Безопасные и качественные дороги». К наиболее распространенным грунтам в средней полосе Европейской части России относятся глинистые слабые грунты, негативной особенностью которых является резкое снижение их физико-механических характеристик при увлажнении, что значительно уменьшает возможность их применения при строительстве автомобильных дорог.

Качественное строительство и обеспечение долговечной эксплуатации автодорог на глинистых слабых грунтах возможно при укреплении оснований дорожного полотна различными вяжущими – стабилизация и придание устойчивости [5-7]. Исследование прочности и водостойкости глинистых грунтов, укрепленных гидравлическими известково-шлаковыми вяжущими на основе переработки побочных шламов содового производства, производилось в лабораторных и пилотных условиях путем испытания образцов укрепленного грунта с добавкой 6-18% вяжущего.

В последние годы в связи с инновационным развитием дорожной стройиндустрии стала доступной область применения низкомарочных вяжущих на базе шламовых отходов содового производства – стабилизация и укрепление слабых грунтов подстилающих слоев. Принципиальная схема конструкции дорожного полотна с использованием технологичной стабилизации глинистых слабых грунтов известково-шлаковым вяжущим представлена на рисунке 2.

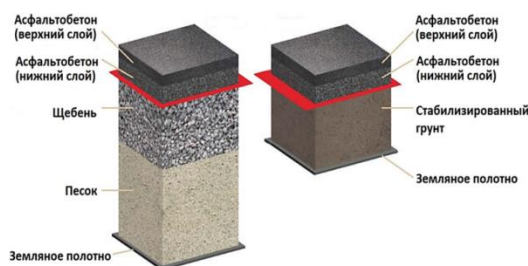


Рисунок 2. Схема конструкции дорожного полотна по стандартной технологии и с применением технологии стабилизации грунта оснований автомобильных дорог.

Результаты испытаний показывают, что прочность образцов стабилизированного укрепленного грунта с добавкой 8% известково-шлакового вяжущего соответствует марке М30, коэффициент водостойкости составляет 0,92. После введения 14% и более известково-шлакового вяжущего формируется пространственный каркас, который в дальнейшем и определяет рост прочности грунтовых оснований автодорог. Технология использования разделенных жидких (хлориды кальция и натрия) в качестве противогололедных реагентов, а твердых (известьсодержащие отходы) фракций дистиллерной жидкости в укреплении грунтовых оснований автодорог является оптимальным решением защиты экосистем от техногенных нагрузок.

Для снижения антропогенного воздействия техногенных шламонакопителей химических производств на окружающую среду региона необходимо внедрить ряд технических решений, что сопряжено учетом разнонаправленных экологических, юридических, экономических и др. требований. Разработанные известково-шлаковые вяжущие материалы востребованы в Башкортостане для укрепления слабых грунтовых оснований автомобильных дорог. Одной из тенденций проектирования, реконструкции и строительства региональных автодорог [8, 9] Башкортостана заключается в укреплении слабых грунтовых оснований композиционными вяжущими на базе известьсодержащих отходов – шламов регионального производства кальцинированной соды. «Башкирская содовая компания» планирует к 2033 году очистить шлаконакопители содового производства (первый отсек площадью 136 га был введен в эксплуатацию еще 70 лет назад), затем начать ландшафтную рекультивацию территории.

Природоохранные ресурсосберегающие технологии, осуществляемые «Башкирской содовой компанией», позволят избежать необратимых изменений природных ландшафтов региона.

В заключение можно сделать вывод что, технологичное получение дорожных инновационных стройматериалов с использованием многотоннажных известьсодержащих отходов содового производства Башкортостана способствует значительному уменьшению накопления шламов.

Работа выполнена в рамках реализации программы академического стратегического лидерства «Приоритет 2030» Евразийского научно-образовательного центра.

1. Красильникова, С.А. Мировой опыт использования отходов производства соды / С.А. Красильникова, С.М. Блинов, П.А. Красильников и др. // Экология и промышленность России. 2021. Т.25. №12. С.48-53.
2. Бабков, В.В. Композиционные материалы для дорожного строительства на основе отходов химической и металлургической промышленности / В.В. Бабков, И.В. Недосеко, А.О. Глазачев и др. // Строительные материалы. 2023. №1-2. С.88-94.
3. Шатов, А.А. О некоторых проблемах природопользования и устойчивого развития химической промышленности / А.А. Шатов, Е.А. Сафаргалеева // Химия в интересах устойчивого развития. 2014. Т.22. №3. С.327-335.
4. Ivanova, O.V. Technological equipment management for 3D additive printing of building nanocomposites / O.V. Ivanova, R.M. Khalikov, A.S. Salov et al. // Nanotechnologies in Construction. 2021. V.13. No.2. P.117-123.
5. Тимофеева, Л.М. Современные методы усиления слабых оснований земляного полотна автомобильных дорог / Л.М. Тимофеева, М.Р. Тимофеев // Модернизация в транспортном комплексе. 2017. Т.1. С.221-226.
6. Максимов, Ф.А. Винтовая свая / Ф.А. Максимов, С.Ю. Павлов, М.М. Скоморохов и др. // Патент №139824 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/56. Оpubл. 27.04.2014. 4 с.
7. Халиков, Р.М. Ресурсосберегающее применение известьсодержащих отходов содового производства в укреплении слабых грунтов / Р.М. Халиков, О.В. Иванова, И.Ф. Галиуллин // Актуальные вопросы соврем. материаловедения: Материалы X Международ. конф. Уфа: УУНиТ, 2023. С.207-214.
8. Иванова, О.В. Технологичная эксплуатация наземного транспорта при реконструкции автодорог / О.В. Иванова, Р.М. Халиков, Д.М. Шамсутдинов // Прогрессивные технологии и процессы: Сб. 9-й Всерос. конф. Курск: ЮЗГУ, 2022. С.82-86.
9. Зворыкина, Ю.В. Устойчивое развитие транспортной инфраструктуры – «зеленый» ориентир курса на развитие экономики / Ю.В. Зворыкина, В.Г. Станкевич, А.В. Марьев // Мир дорог. 2020. №138. С.68-96.

Халиков Р.М.¹, Павлов С.Ю.², Глазачев А.О.¹

Качественное улучшение технологических характеристик асфальтобетонных покрытий автодорог взаимодополняющими инновационными добавками

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет

²Уфимский университет науки и технологий

(Россия, Уфа)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-425

Аннотация

Синергетические нанодобавки макромолекул в битумное вяжущее обеспечивает увеличение адгезии к минеральным компонентам в 2,5 раза, а также заметное увеличение температурного интервала пластичности и снижения деформируемости асфальтобетонных дорожных покрытий. Комплементарное взаимодействие супрамолекулярных ассоциаций асфальтенов и фрагментов макромолекул полимерных нанокомпозитов обеспечивает качественное улучшение формирования Ван-дер-Ваальсовых связей за счет взаимодополняющего соответствия.

Ключевые слова: наноструктурная добавка, комплементарное взаимодействие, асфальтобетонная смесь, дорожное покрытие.

Abstract

Synergistic nano-additives of macromolecules in bitumen binder provides an increase in adhesion to mineral components by 2.5 times, as well as a noticeable increase in the temperature range

of plasticity and a decrease in the deformability of asphalt concrete road surfaces. The complementary interaction of supramolecular associations of asphaltenes and fragments of macromolecules of polymer nanocomposites provides a qualitative improvement in the formation of Van der Waals bonds due to complementary correspondence.

Keywords: nanostructured additive, complementary interaction, asphalt concrete mixture, road surface.

Востребованная реализация национального проекта «Безопасные и качественные дороги» вызывает тенденцию ужесточения требований к строительству и реконструкции автодорог в Российской Федерации и Башкортостане. Результаты обследований асфальтобетонных покрытий показывают, что основными видами деформативных разрушений являются трещины усталостного характера от воздействия циклических нагрузок. Одним из наиболее актуальных тенденций повышения долговечности асфальтобетона дорожных покрытий [1] является рациональный подбор модифицированных битумных и минеральных нанодобавок.

Цель данного сообщения – технологичное усиление эксплуатационной стойкости асфальтобетонных покрытий автодорог взаимодополняющим подбором оптимальных полимерно-битумных и минеральных компонентов.

Асфальтобетонное дорожное покрытие представляет собой композиционный уплотненный материал, изготавливаемый дозированным смешением минеральных частиц (песка, щебня) оптимальных размеров, агрегированные битумной вяжущей (не более 10-15 % массовой доли) [2]. Минеральный каркас асфальтобетона формирует смесь из минерального порошка (материала, полученного помолом карбонатных – известняки и доломиты или некарбонатных горных пород, либо из твердых отходов промышленности), песка и щебня с соответствующим гранулометрическим составом. Асфальтобетонные смеси в зависимости от заполнителя подразделяют на щебеночные, гравийные, песчаные; по плотности – на высокоплотные (остаточная пористость от 1,0 % до 2,5 %), плотные (остаточная пористость свыше 2,5 % до 5,0 %), пористые, высокопористые.

Основной компонент мелкозернистого асфальтобетона для устройства верхнего слоя дорожного покрытия – щебень фракцией до 20 мм. Щебеночные плотные асфальтобетоны в зависимости от содержания щебня (гравия) подразделяются на несколько типов, например, тип Б (содержание щебня от 40 % до 50 %). Следует отметить, что для асфальтобетонных смесей типа Б содержание зерен щебня пластинчатой и игольчатой формы должно быть не более 25 % по массе. При нарушениях технологии изготовления асфальтобетонных композиций молекулы воды проникают на межфазную фрактальную поверхность между битумом и минеральным компонентом и разрушают адгезионные связи в уложенных дорожных асфальтобетонных покрытиях, что вызывает трещинообразование.

Эффективное цифровое регулирование автоматизированного управления производством асфальтобетонной смеси [3] позволяет выработать оптимальный вариант функционирования технологической линии асфальтобетонного завода. Характеристики основных компонентов: песка, щебня, минерального порошка, комплементарной битумной вяжущей и инновационных нанодобавок, а также параметры технологического процесса учитываются как критерии при качественном улучшении готовой асфальтобетонной смеси. Разнообразные виды асфальтобетонов для создания дорожных покрытий отличаются по составу взаимодополняющих сырьевых материалов, технологии и физико-механическим характеристикам. Асфальтены битумных нановяжущих за счет подверженности к взаимодополняющим супрамолекулярным ассоциациям являются важнейшим структурообразующим компонентом асфальтобетонов.

Цифровые нанотехнологии за счет анализа сверхбольших баз данных позволяют подбирать оптимальный состав асфальтобетонных смесей, а искусственный интеллект становится полноценным участником создания новых рецептур битумных нановяжущих, использование статического зондирования в 3D проектировании – современная тенденция

интенсивного строительства региональных и федеральных автодорог, улучшенных дорожек для средств индивидуальной мобильности [4-6]. Для решения проблемы абразивного износа и комплементарного улучшения макромолекулярными нанокompозитами технологических характеристик асфальтобетонных покрытий автодорог необходимо проектировать композиции с крупным щебнем (до 60%) и максимально плотной микроструктурой.

Векторы комплементарного, взаимодополняющего совершенствования дорожных асфальтобетонных композиций разнообразными инновационными добавками направлены на обеспечение самозалечивания микротрещин дорожного покрытия, самоочищения зимних снежно-ледяных отложений [7]. Следует отметить, что решающее влияние на качественное улучшение технологических характеристик асфальтобетонных покрытий оказывают адгезионные межфазные процессы, происходящие на фрактальной поверхности зерен минерального порошка при дополнительном взаимодействии с качественными инновационными макромолекулярными блок-сополимерными добавками к битумным вяжущим (рис. 1).

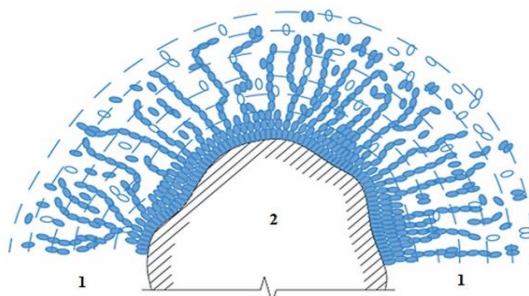


Рисунок 2. Схема межфазового комплементарного взаимодействия битумно-полимерного вяжущего (1) с поверхностью минерального наполнителя (2).

Деформативные разрушения асфальтобетонных дорожных покрытий по контактной межфазной зоне происходит часто из-за малой когезионной прочности макромолекулярной битумной микропленки и недостаточной адгезии битумной вяжущей к поверхности минеральных компонентов асфальтобетона. Введение полимерной реакционноспособной инновационной нанодобавки и межфазного компатибилизатора обеспечивает усиление взаимодополняющей адгезии битумной вяжущей к минеральным компонентам в 2,5 раза, а также заметное увеличение температурного интервала пластичности от -60°C до $+100^{\circ}\text{C}$ и снижения деформируемости в 2-3 раза.

Результатом действия инкапсулированных наномодификаторов [8] является востребованное повышение технических и эксплуатационных характеристик асфальтобетона на границе межфазного раздела. В этом случае взаимодополняющий эффект достигается уменьшением содержания битума в асфальтобетонной смеси при упорядоченном расположении фрактальных частиц минерального порошка. Востребованной тенденцией современных технических наук выступает использование в 3D аддитивной технологии [9] производства асфальтобетонных смесей техногенных отходов: шлаков, золы-уноса; разнообразных отходов нефтепереработки, коксохимических производств и т.д.

Таким образом, результативное добавление в состав битумных композиций инновационных нанодобавок, модифицирующих полимерных нанокompозитов является эффективным методом взаимодополняющего улучшения физико-механических характеристик и увеличения долговечности в 1,5 раза асфальтобетонных дорожных покрытий.

Работа выполнена в рамках реализации программы академического стратегического лидерства «Приоритет 2030» Евразийского научно-образовательного центра.

1. Кравченко, С.Е. Усталостная долговечность дорожных асфальтобетонов: проблемы и пути решения / С.Е. Кравченко, Е.М. Жуковский, А.В. Ладышев и др. Минск: БНТУ, 2023. 186 с.

2. Пассек, В.В. Предотвращение продольных трещин в асфальтобетонном покрытии проезжей части дорог / В.В. Пассек, В.П. Величко, В.С. Андреев // Наука и техника в дорожной отрасли. 2020. № 1(91). С.25-27.
3. Пудовкин, А.Н. Цифровое регулирование параметров в системе автоматизированного управления производством асфальтобетонной смеси / А.Н. Пудовкин, Р.М. Халиков, Б.Г. Булатов и др. // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2021. Т.17. №3-4. С.103-113.
4. Халиков, Р.М. Супрамолекулярное улучшение полимерными нанокompозитами технологических параметров асфальтобетонных дорожных покрытий / Р.М. Халиков, О.В. Иванова, А.О. Глазачев // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы Междунар. конф. Уфа: УГНТУ, 2022. С.432-436.
5. Рафагутдинов, И.И. Правовой статус самокатов и других средств индивидуальной мобильности, как участников дорожного движения / И.И. Рафагутдинов, С.Ю. Павлов // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 69-4. С. 100-103.
6. Глазачев, А.О. Преимущества использования статического зондирования в строительстве / А.О. Глазачев, Т.М. Шерстобитова, Р.М. Ахметшин // Новая наука: теоретический и практический взгляд: материалы Международ. конф. Нефтекамск: НИЦ «Мир науки», 2020. С.58-66.
7. Игнатъев, А.А. Добавки в асфальтобетон. / А.А. Игнатъев // Известия КГАСУ. 2023. №1. С.14-30.
8. Иноземцев, С.С. Самовосстановление асфальтобетона с использованием инкапсулированного модификатора / С.С. Иноземцев, Е.В. Королев, Т.Ч. До // Строительные материалы. 2022. №11. С.58–69.
9. Иванова, О.В. Технологичное управление оборудованием для 3D-аддитивной печати строительных нанокompозитов / О.В. Иванова, Р.М. Халиков, А.С. Салов // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т.13, №2. С.117–123.

Холуденева А.О., Ислаев Р.Я., Шаповалов Д.И.

Моделирование показателей качества большого шарового крана, предназначенного для газопроводов

*Пензенский государственный технологический университет
(Россия, Пенза)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-426

Аннотация

Статья посвящена моделированию параметров потока среды в большом шаровом кране, предназначенном для газопроводов. Проведено исследование множества категорий клапанов для газопроводов. Изучены методы вычислительной гидродинамики. Рассмотрены особенности технологии уплотнения, рекомендуемой для шаровых кранов, используемых для транспортировки природного газа в области большого диаметра.

Ключевые слова: шаровый кран, запорная арматура, газопровод, моделирование параметров.

Abstract

The article is devoted to the study of the prerequisites for considering the parameters of the medium flow in a large ball valve intended for gas pipelines. A study of the relationship between categories of valves for gas pipelines was carried out. Methods of computational fluid dynamics have been studied. The features of the sealing technology recommended for ball valves supplying natural gas in large diameter areas are considered.

Keywords: ball valve, shut-off valves, gas pipeline, parameter modeling.

Сети газопроводов, используемые для транспортировки на большие расстояния, быстро расширяются, причем с 2022 года особенно возросло строительство специальной арматуры больших диаметров. Проектирование и изготовление оборудования для регулирования расхода осуществляется в индивидуальном порядке, в соответствии с параметрами, необходимыми бенефициару.

В этой статье результаты, полученные путем моделирования потока жидкости с помощью программного обеспечения SolidWorks 2023 для шарового крана с цапфой диаметром 500 мм, дают важную информацию о том, как поток жидкости развивается в промежуточном и полностью закрытом положениях.

Большое внутреннее пространство шарового крана позволяет развивать вихри большой амплитуды; таким образом, моделирование показывает, что операция закрытия/открытия шаровых кранов большого диаметра обязательна во избежание быстрого разрушения после частичного открытия.

Спрос на природный газ постоянно растет. Так, в ЕС объем потребляемого природного газа в 2021 году достиг 15 834 900 тераджоулей.[1].

Компании, специализирующиеся на производстве арматуры для нефтегазовой промышленности, должны найти лучшие решения для крупногабаритной арматуры, которая должна быть сконструирована так, чтобы отвечать конкретным требованиям в каждом конкретном случае. Уникальность конструкции крупных клапанов является результатом сочетания таких факторов, как подземное или наземное расположение, климатические условия (которые могут подвергать их воздействию экстремальных погодных условий), состав природного газа, физико-химические состав почвы и условия стихийного бедствия, такие как пожар на трубопроводе или сильные наводнения. Кроме того, высокое давление и большие диаметры приводят к более высоким нагрузкам на компоненты, а риск разрушения может быть значительным при динамической работе. Инженер-механик должен предложить целостное решение, отвечающее всем этим проблемам, а также особым требованиям бенефициаров. Например, стандарт рекомендует использовать сталь типа A350 LF2 для корпусов клапанов и металлических уплотнительных компонентов (т. е. шара и седла) шаровых кранов, применяемых в газопроводах [2,3], но когда почва вокруг подземного трубопровода содержит соленые углеводороды, потребители предпочитают в качестве материала нержавеющей сталь.

В газовой промышленности используется множество категорий клапанов, в том числе шаровые краны, обратные клапаны, пробковые клапаны, поплавковые клапаны, задвижки и дроссельные заслонки. Безопасная эксплуатация очень важна для транспортировки природного газа, и в этом контексте решающее значение имеет соответствующая конструкция для перекрытия шаровых кранов большого диаметра. В научной литературе предлагается широкий спектр методов исследования в этой области. Вычислительная гидродинамика (CFD) может использоваться для получения важной информации на основе анализа потока жидкости в шаровых кранах малого или среднего размера путем моделирования.[4]

В отличие от ранее представленных работ, посвященных шаровым кранам диаметром до 125 мм, настоящее исследование посвящено CFD-моделированию потока жидкости в большом шаровом кране. В настоящей работе анализируется тип крана шаровой кран с цапфой диаметром 500 мм, с уплотнением металл-металл (ММ) и седлами с двухпоршневой конструкцией (DPE). Целью данной статьи является внести свой вклад в область исследований путем изучения поведения в процессе закрытия технологии уплотнения, рекомендуемой для шаровых кранов, с компонентами, материалами и технологиями, выбранными для решения проблем транспортировки природного газа в области большого диаметра. Исследуемый клапан спроектирован по стандарту API 6D [5] и соответствует европейскому стандарту ISO 14313:2007 [6], который определяет требования и содержит рекомендации по проектированию, производству, испытаниям и документации шаровых, обратных, задвижек и пробковых клапанов для применения в трубопроводных системах, отвечающих требованиям нефтяной и газовой промышленности.

Моделирование проводилось с использованием программного обеспечения SolidWorks Fluid Flow 2023.

Основная новизна исследования заключается в моделировании шарового крана большого диаметра, работающего в высоком классе давления (класс 400), а также в объяснении того, почему уплотнение ММ с конструкцией седла DPE целесообразно для получения высокого класса давления клапана. безопасность за счет ограничения утечек.

Шаровые краны представляют собой запорные клапаны, предназначенные для работы при углах открытия 0° и 90° . Шаровой кран большого диаметра выдерживает большие силы, возникающие вследствие разницы импульсов до и после открытия/закрытия. При этом действующий момент велик, приводу необходимо время для выполнения хода, а время

открытия может составлять не менее 40 с. Во время этого процесса могут возникать различные явления; поэтому, чтобы подчеркнуть корреляцию между изменениями в движении потока жидкости и изменениями в конфигурации твердых стенок, которые представляют границы области моделирования потока жидкости, были использованы пять тематических исследований, представляющих различные положения шара - 30°, 45°, 60°, 70° и полностью закрытое - 90°. Результаты экспериментальных испытаний шарового крана диаметром 500 мм с уплотнением металл-металл с конструкцией DPE, получены с аналогичной модели цифрового двойника, проанализированной с помощью моделирования.

Результаты экспериментальных испытаний подтверждают высокое качество герметизации, которое было определено и объяснено путем анализа течения жидкости с помощью программного обеспечения SolidWorks.

Важной научной задачей является исследование движения жидкости с особым акцентом на зонах уплотнения седел, где воздействие высокого давления может быть значительным.

Сформулирована гипотеза, что зона уплотнения седел, особенно выше по потоку, наиболее уязвима для быстрого разрушения. В дальнейшем, результаты исследования в рамках этой гипотезы могут быть применены для определения адекватных решений для повышения надежности всей арматуры.

Основными компонентами шарового крана являются шар, основной корпус, вторичный корпус выше по потоку, вторичный корпус ниже по потоку, два одинаковых седла, рабочий шток, две одинаковые направляющие пластины и соединительный элемент (рисунок 1). Исследуемый клапан был цапфового типа, который отличается от других категорий тем, что шар прочно удерживается двумя направляющими пластинами.

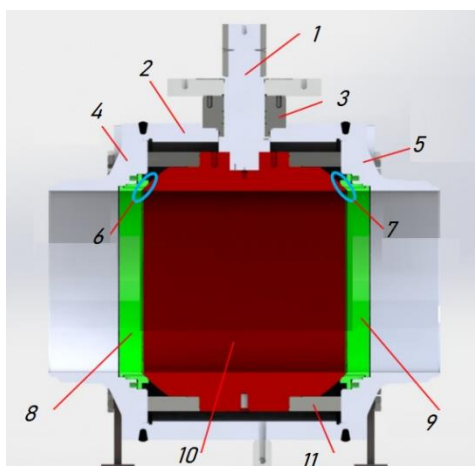


Рисунок 1 - Компоненты шарового крана: 1 – рабочий стержень; 2 – основной корпус; 3 – соединительный узел; 4 – вторичный корпус выше по потоку; 5 – вторичный корпус ниже по потоку; 6 – верхняя зона уплотнения; 7 – нижняя зона уплотнения; 8 – седло выше по потоку; 9 – седло ниже по потоку; 10 – шар; 11 – направляющая пластина.

Закрытие шарового крана происходит следующим образом: при движении потока жидкости от верхнего к закрытому клапану входное седло под действием давления через прокладку и пружины давит на шар; В этот момент металлическая поверхность шины на седле, покрытом карбидом вольфрама, соприкасается с металлической уплотнительной поверхностью шара (также покрытой карбидом вольфрама), и герметизация завершена. Карбид вольфрама имеет несколько важных преимуществ, включая высокую прочность, высокое сопротивление, высокую точность, хорошую термостойкость и хорошую коррозионную стойкость.

Уплотнение седел с использованием конструктивного решения DPE может обеспечить высокоэффективное уплотнение благодаря двум уплотнительным кольцам, расположенным на двух уровнях, что обеспечивает одинаковую эффективность уплотнения на входе и выходе. Другие конструкции уплотнений, такие как SPE (однопоршневой эффект), обеспечивают эффективное уплотнение только снаружи внутри клапана.

В ходе исследования с помощью SolidWorks Flow Simulation 2023 были проанализированы экспериментальные данные, полученные в результате моделирования.

Одна из гипотез, принятых при моделировании, заключалась в том, что шаровой кран был сконструирован из жестких элементов, а это означало бы отсутствие деформаций формы, вызванных сжатием. Заданные граничные условия были следующими: на входном участке (вверх по потоку) номинальное давление составляло 6,3 МПа, скорость - 20 м/с; на выпускном участке (ниже по потоку) давление было атмосферным, а скорость 0 м/с. В SolidWorks Flow Simulation были использованы уравнения переноса для турбулентной кинетической энергии.

Чтобы обеспечить более надежное и точное моделирование, SolidWorks использует вложенные итерации, позволяющие учитывать взаимное влияние параметров потока и граничных условий. Эти итерации выполняются шаг за шагом и повторяются до тех пор, пока не будет получена сходимость данных, не будет достигнуто максимальное количество вложенных итераций или пока не будет выполнено условие сходимости каждого закона сохранения.

Таким образом, тематика моделирования движения жидкости в кране шаровом с особым акцентом на зонах уплотнения седел является крайне актуальной и требует развития в дальнейших работах.

1. EUROSTAT. Статистика поставок природного газа. Тенденции потребления. Онлайн доступ: https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Natural_gas_supply_statistics#Consumption_trends (на 20.10.2023)
2. Jia, M.; Li, Z.; Jia, L.; Liu, J. Structural optimization of V-sector valve cores and adaptability in secondary heating networks. Flow Meas. Instrum. 2021, 81, 102032.
3. Yu, R.; Wu, Y.; Chen, X.; Wu, X. Study on the design of ball valve based on elastic ring valve seat structure and fluid characteristics and fatigue strength. Flow Meas. Instrum. 2023, 89, 102302.
4. Song, X.; Kim, S.; Baek, S.; Park, Y. Structural optimization for ball valve made of CF8M stainless steel. Trans. Nonferrous Met. Soc. China 2009, 19, 258–261.
5. API 6D:2014; Specification for Pipeline Valves. American Petroleum Institute: Washington, DC, USA, 2014.
6. ISO 14313:2007; Petroleum and Natural Gas Industries—Pipeline Transportation Systems—Pipeline Valves. ISO: Geneva, Switzerland, 2007

Цой Ю.И., Блинов А.К.

Исследование свойств плитных материалов для корпусной мебели

*Санкт-Петербургская Государственная художественно-промышленная академия им.А.Л.Штиглица
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-427

Аннотация

Мебельные предприятия сейчас внедряют не только новые виды высокопроизводительного оборудования, но и материалы с улучшенными эстетическими и потребительскими характеристиками. Успешная реализация того или иного дизайнерского решения автора предполагает знание не только механических, но и физических и декоративных свойств применяемых материалов. Знание этих характеристик поможет автору при конструировании мебели и разработке того или иного дизайнерского решения проекта. Кроме этого, удачное сочетание всех этих компонентов позволит расширить и разнообразить ассортимент выпускаемых изделий и наборов мебели.

К числу таких материалов относятся древесностружечные плиты; они являются одним из наиболее перспективных конструкционных материалов для мебельной промышленности и строительства по сравнению с другими листовыми материалами. По показателям прочности и жесткости они приближаются к древесине хвойных пород. Они изготавливаются с заранее заданными плотностью, прочностью и внешним видом, которые требуются в конструкциях,

изделиях и деталях. В необходимых случаях древесностружечные плиты выпускают с повышенными био- и влагостойкостью, высокими огнезащитными характеристиками.

Ключевые слова: корпусная мебель, механические и физические свойства древесных материалов, водопоглощение, прочность на статический изгиб.

Abstract

Furniture companies are now introducing not only new types of high-performance equipment, but also materials with improved aesthetic and consumer characteristics. The successful implementation of a particular design solution of the author presupposes knowledge not only of the mechanical, but also of the physical and decorative properties of the materials used. Knowledge of these characteristics will help the author when designing furniture and developing a particular design solution of the project. In addition, a successful combination of all these components will expand and diversify the range of manufactured products and furniture sets.

Among such materials are particle boards, as the most widely used in the production of various types of furniture. They are one of the most promising structural materials for both the furniture industry and construction in comparison with other sheet materials. In terms of strength and rigidity, they are close to coniferous wood. They are manufactured with pre-defined density, strength and appearance, which are required in structures, products and parts. In necessary cases, particle boards are produced with increased bio- and hydro-resistance, high flame-retardant characteristics.

Keywords: cabinet furniture, mechanical and physical properties of wood materials, water absorption, static bending strength.

На современных мебельных предприятиях внедряют не только новые виды высокопроизводительного оборудования, но и материалы с улучшенными эстетическими и потребительскими характеристиками. В производстве мебели для успешной реализации того или иного дизайнерского решения автора немалую роль играют как механические, так и физические и декоративные свойства применяемых материалов. Знание этих характеристик поможет автору при конструировании мебели и разработке того или иного дизайнерского решения проекта. Кроме этого, удачное сочетание всех этих компонентов позволит расширить и разнообразить ассортимент выпускаемых изделий и наборов мебели. К числу таких материалов относятся древесностружечные плиты, как наиболее широко применяемые в производстве различных видов мебели. Они являются одним из самых перспективных конструкционных материалов для мебельной промышленности и строительства по сравнению с другими листовыми материалами. По показателям прочности и жесткости они приближаются к древесине хвойных пород. Они изготавливаются с заранее заданными плотностью, прочностью и внешним видом, которые требуются в конструкциях, изделиях и деталях. В необходимых случаях древесностружечные плиты выпускают с повышенными био- и гидростойкостью, высокими огнезащитными характеристиками.

Стружечные плиты хорошо склеиваются как по пласти, так и по кромке, могут быть окрашены или отделаны различными лакокрасочными материалами, облицованы шпоном, текстурной бумагой, пленочными материалами, но обладают низкими показателями сопротивления выдергиванию гвоздей и шурупов. По виду используемых древесных частиц плиты могут быть из специально изготовленных древесных частиц, из специальной тонкой резаной стружки и с мелкоструктурной поверхностью. Плиты с наружными слоями из специальной стружки с необлицованной поверхностью используют в строительстве, домостроении. Из этого вида материалов можно выделить плитные материалы из крупномерной ориентированной стружки (OSB, OPB), которые отличаются высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками. По классу эмиссии (токсичности) плиты выпускаются трех классов эмиссии (ГОСТ Р 56309-2014):

- перфораторный метод испытаний: класс E0,5 – до 4 мг формальдегида / 100 г плиты; класс эмиссии E1 – до 8 мг формальдегида / 100 г плиты; класс эмиссии E2 – 8-30 мг формальдегида / 100 г плиты;

- климатическая камера : класс эмиссии E0,5 – до 0,08 мг формальдегида / 1 м³ воздуха; класс эмиссии E1 – 0,08-0,124 мг формальдегида / 1 м³ воздуха ; класс эмиссии E2 – 0,124-1,25 мг формальдегида/ 1 м³ воздуха .

Плитные материалы с ориентированной стружкой в наружных слоях параллельно продольной кромке, а во внутреннем –перпендикулярно кромке примерно в два раза прочнее на изгиб обычных плит. Их применяют как конструкционный материал при устройстве потолков ,перегородок, различных сельскохозяйственных сооружений.Плитные материалы на неорганических связующих на поргланцементе или на кальцинированном каустическом магнезите плотностью 100-1250 кг/м³ отличаются высокими физико –механическими свойствами, такими как огне-,био-,морозостойкость.Они хорошо склеиваются с древесиной, полимерными материалами, металлами. Применяют их в деревянном стандартном домостроении. К специальным стружечным плитам относят тонкие древесностружечные плиты толщиной 2-6 мм с высоким классом шероховатости. Они не нуждаются в шлифовании и используют их в качестве замены фанеры , а в некоторых случаях древесноволокнистых плит, хотя уступают им по показателям механических свойств.В значительном количестве древесностружечные плиты используют в столярном производстве, оборудовании магазинов, кинотеатров, кафе,ресторанов и т.д.Их можно использовать в авто-,судостроении, вагоностроении.

В мебельном производстве обычно используют ламинированные древесностружечные плиты или облицованные лущеным или строганым шпоном. Авторами были проведены исследования физических и механических свойств древесностружечных плит, широко применяемых как в производстве корпусной мебели, так и мебели из массивной древесины. Результаты этих исследований приведены в табл.1 ,2 и на рис.1,2.

Таблица 1

Изменение водопоглощения при различной плотности и количества связующего в древесностружечной плите.

	Плотность плиты, кг/м ³				
	600	700	800		
Водопоглощение, %	65	57	38	12	Количество связующего в плите, %
	75	68	51	10	
	90	80	63	8	

Таблица 2

Зависимость прочности плиты при статическом изгибе от ее толщины и давления

	Толщина плиты, мм				
	10	16	25		
Прочность плиты при статическом изгибе, МПа	34	32	27	2,5	Давление прессования, МПа
	32	28	20	2,0	
	30	25	15	1,5	

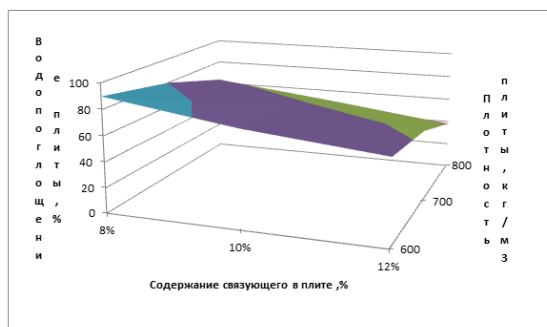


Рисунок 1. Изменение водопоглощения плиты в зависимости от ее плотности и количества связующего.

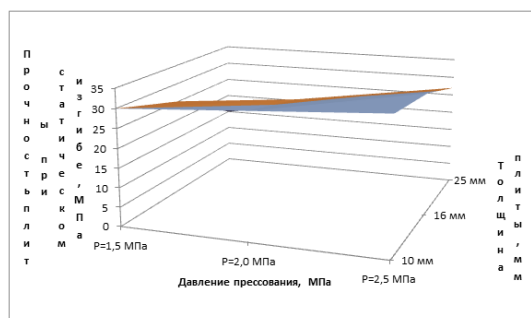


Рисунок 2. Изменение прочности плиты при статическом изгибе в зависимости от ее толщины и давления прессования.

Как показывает анализ результатов проведенных исследований, повышение гидрофобных свойств древесностружечной плиты имеет место как при повышении плотности материала, так и при увеличении содержания связующего в нем. Это связано с тем, что при таких условиях глубже протекают процессы поликонденсации между реакционноспособными группами древесины и клея. Увеличивается количество поперечных сшивок на границе клей – древесина, склеенный материал становится более плотным, монолитным, что и выражается в повышении водостойкости и прочности композита. Следует отметить и тот факт, что исследования были проведены с материалом плотностью 600-800 кг/м³, т.е. с плитами средней плотности, которые и применяются в производстве корпусной мебели.

Таким образом, дополнительно полученные сведения о принятых критериях оценки качества плитных материалов, могут быть использованы инженерно-техническими работниками мебельной промышленности.

1. Волынский В.Н. Технология клееных материалов. - Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2003. - 280 с.
2. Кряков М.В., Гулин В.С., Берелин А.В. Современное производство мебели. - М.: Лесная промышленность, 1986. - 264 с.
3. Розов В.Н., Савченко В.Ф. Облицовывание столярно-мебельных деталей и изделий. - М.: Высш. шк., 1988. - 176 с.

Цой Ю.И., Блинов А.К.

Физико-механические свойства облицовочных материалов мебельных щитов

*Санкт-Петербургская Государственная художественно-промышленная академия им. А.Л. Штиглица
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-428

Аннотация

Для улучшения внешнего вида изделия, ее декоративных и потребительских качеств применяют обычно строганный шпон, текстурную бумагу, фэйн-лайн, декоративный бумажно-

слоистый пластик, пленочные материалы на основе поливинилхлорида и т.д. На качество облицованных щитов влияют не только качество лицевых слоев из этих облицовочных материалов, оптимальный режим облицовывания, но и качество лущеного шпона для обратной стороны щита, так как физико-механические свойства и этого слоя определяют такие эксплуатационные характеристики, в целом, облицованного щита, как коробление, прочность на статический изгиб, сжатие, скалывание и т.д.

Ключевые слова: облицовочные материалы, лущеный шпон, файн-лайн, поливинилхлоридные пленки, прочность шпона при растяжении поперек волокон, степень обжима шпона.

Abstract

To improve the appearance of the product, its decorative and consumer qualities, usually planed veneer, textured paper, fine-line, decorative paper-laminated plastic, film materials based on polyvinyl chloride, etc. are used. The quality of the lined shields is influenced not only by the quality of the front layers of these cladding materials, the optimal cladding mode, but also by the quality of the peeled veneer for the back of the shield, since the physical and mechanical properties of this layer also determine such operational characteristics, in general, of the lined shield as warping, static bending strength, compression, chipping

Keywords: facing materials, peeled veneer, fine-line, polyvinyl chloride films, veneer tensile strength across fibers, degree of veneer crimping.

В мебельной промышленности для улучшения внешнего вида изделия, ее декоративных и потребительских качеств применяют обычно строганый шпон, текстурную бумагу, файн-лайн, декоративный бумажно-слоистый пластик, пленочные материалы на основе поливинилхлорида и т.д. Эти материалы используют для облицовывания фасадных поверхностей деталей, кромок. Из этих материалов наиболее ценным является, конечно, строганый шпон из древесины твердых лиственных пород. К свойствам, определяющим его декоративную привлекательность, являются цвет, блеск и текстура. Цвет материала, как известно, обусловлен его различной способностью поглощать или отражать световые лучи. Одни поверхности отражают свет неизбирательно, т.е. видимые излучения всех длин волн отражаются ими в той пропорции, в какой они имеются в солнечном спектре. Другие поверхности отражают свет избирательно, т.е. некоторые составляющие излучений отражаются больше, чем другие. Поверхность натуральной древесины на одних участках отражает больше световых лучей, а на других меньше. Обычно цвет изделий из древесины не имеет максимальной насыщенности (чистоты). Разные породы древесины имеют разные цветовые характеристики. Так, например, дуб имеет следующие цветовые характеристики: цветовой тон (λ) - 582,5 нм; чистота цвета (P) - 41%; светлота цвета (ρ) - 42%. Такая порода древесины, как красное дерево, имеет такие характеристики: цветовой тон (λ) - 599 нм; чистота цвета (P) - 46%; светлота цвета (ρ) - 19%. Для сравнения приведена цветовая характеристика древесины осины: цветовой тон (λ) - 577 нм; чистота цвета (P) - 22% и светлота цвета (ρ) - 75,5%. При сравнении цветовых характеристик выбранных пород древесины видно, что осина отражает свет количественно больше (75,5%), чем красное дерево (19%) и дуб (42%). Остальные цветовые характеристики по своим значениям близки друг к другу. Что касается блеска древесины, то можно отметить, что поверхность древесины осины обладает более чем в два раза большей степенью блеска, чем поверхность древесины дуба (осина: 16,27% - радиальная поверхность и 14,6% - тангентальная поверхность; дуб: 6,79% - радиальная поверхность и 5,9% - тангентальная поверхность). Относительно текстуры древесины можно сказать, что она зависит от ширины и линейной формы годичных слоев, разницы в плотности и окраске между ранней и поздней древесиной, сердцевинных лучей, крупных сосудов, направления волокон (волнистая или свилеватая), сучковатости и др. Поверхность древесины сравнимых пород (дуб, красное дерево) отличается красивым рисунком, причудливым узором в отличие от осины, имеющей невыразительную текстуру. По своим цветовым характеристикам и блеску поверхности древесины береза и осина очень близки друг к другу. Так, например, по цветовой характеристике осина и береза мало отличаются друг от друга (у осины: цветовой тон (λ) - 577 нм; у березы (λ) - 579,5 нм; блеск древесины: у осины - радиальная поверхность - 16,27%,

а тангентальная -14,6%, у березы- радиальная поверхность -11,2% , а тангентальная -11,6%. Поэтому из березы и осины не получают строганый шпон , а изготавливают лущеный шпон для облицовывания оборотных сторон мебельных щитов.

На качество облицованных щитов , в целом , влияют не только качество лицевых слоев из различных облицовочных материалов,в том числе и из строганого шпона и оптимальный режим их облицовывания ,но и качество материала для облицовывания оборотной стороны щита из лущеного шпона , так как физико-механические свойства и этого слоя определяют такие эксплуатационные характеристики изготавливаемого щита ,как коробление,прочность на статический изгиб, сжатие,скалывание и т.д.

Требования, предъявляемые к качеству лущеного шпона,могут быть выполнены путем правильного выбора режима лущения древесины, касающихся угловых параметров резания и обжима шпона.Не затрагивая вопрос о необходимости соблюдения угловых параметров резания , нами были рассмотрены вопросы обжима шпона при лущении для получения качественного материала. При срезании с поверхности вращающегося чурака тонкого слоя древесины и выпрямлении последнего в нем возникают внутренние напряжения сжатия на лицевой стороне и растяжения на оборотной стороне лущеного шпона.Так как прочность древесины на растяжение поперек волокон относительно невелика ,результатом свободного резания является образование на оборотной стороне шпона значительных поперечных трещин , что отрицательно сказывается на качестве облицованного щита (просачивание клея, ухудшение внешнего вида и т.д.). Для избежания этого явления древесину в зоне внедрения в нее ножа сжимают прижимной линейкой, которая создает зону сжатия ,простирающуюся по радиусу вглубь чурака. Уплотнение древесины в зоне сжатия достигает 30-40 %.Обжим шпона ,улучшая его качество,не ликвидирует разницу в шероховатости поверхности обеих сторон шпона, но она не превышает 10 %. В связи с этим , авторами были проведены исследования зависимости прочности лущеного шпона при растяжении поперек волокон от некоторых технологических факторов.

Результаты этих исследований представлены в табл.1,2 и на рис.1,2.

Таблица 1

Влияние температуры древесины и степени обжима шпона на его прочность при растяжении поперек волокон.

		Температура древесины, °С				Степень обжима шпона, %
		5	25	45	65	
Прочность шпона поперек волокон, МПа	0,75	1,0	1,6	2,5	0	
	2,2	2,65	3,3	4,2	20	

Таблица 2

Влияние степени обжима шпона и толщины на его прочность при растяжении поперек волокон.

		Степень обжима шпона, %				Толщина шпона, мм
		0	10	20	30	
Прочность шпона поперек волокон, МПа	1,25	2,25	2,75	3,0	1,5	
	1,75	2,5	3,0	3,2	2,0	

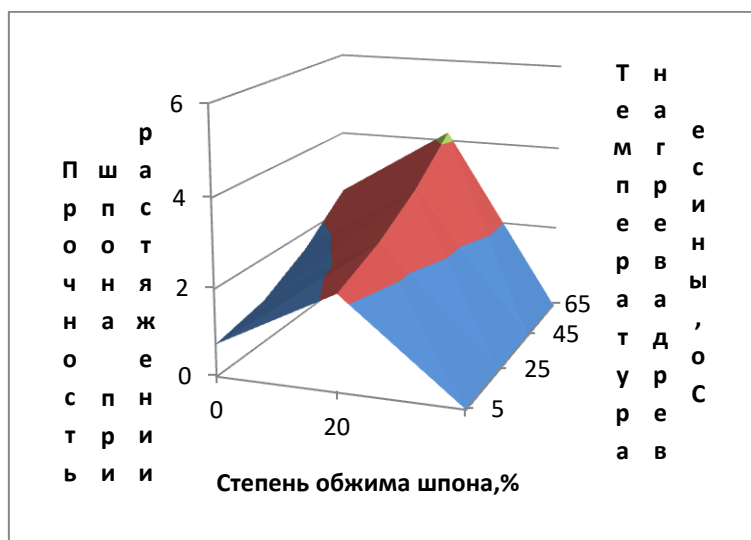


Рисунок 1. Изменение прочности шпона при растяжении поперек волокон при различной температуре нагрева древесины и степени его обжима.

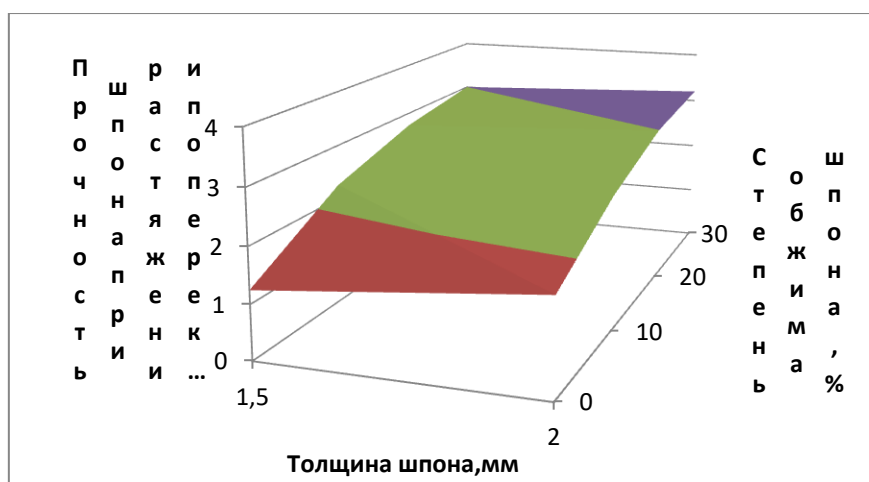


Рисунок 2. Изменение прочности шпона при растяжении поперек волокон при различной толщине и степени его обжима.

Как показывает анализ данных проведенных исследований, при увеличении степени обжима и температуры нагрева древесины прочность шпона при растяжении поперек волокон возрастает, что можно объяснить уменьшением растягивающих напряжений поперек волокон и повышением пластических свойств древесины из за размягчения лигнина, содержащегося в древесине. При одной и той же степени обжима увеличение толщины шпона приводит к незначительному повышению прочности шпона при растяжении поперек волокон. При одной и той же толщине получаемого шпона повышение степени обжима более чем в два раза повышает его прочность, что связано с количественным уменьшением растягивающих напряжений в зоне лущения, приводящее к меньшему его растрескиванию поперек волокон.

Таким образом, полученные данные могут быть полезны при разработке дизайна и конструкций различных деталей мебели.

1. Справочник фанерщика. Изд. 3-е. Под общей редакцией канд. техн. наук И.А. Шейдина. - М.: изд. Лесн. пром-ть, 1968. - 832 с.
2. Куликов В.А., Чубов А.Б. Технология клееных материалов и плит. - М.: Лесн. пром-ть, 1984. - 344 с.
3. Куликов В.А. Производство фанеры. - М.: Лесн. пром-ть, 1976. - 267 с.

Шевырев Л.Ю.

К вопросу определения сводообразующего размера выпускного отверстия бункера сеялки

Донской государственной аграрный университет
(Россия, Зерноград)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-429

Аннотация

В данной статье представлены теоретические выкладки для определения сводообразующего размера выпускного отверстия бункера зерновой сеялки.

Ключевые слова: бункер, статически устойчивый свод, истечение, сводоразрушитель, сводообразующий размер, истечение зерна.

Abstract

This article presents theoretical calculations for determining the arch-forming size of the outlet of the grain drill hopper.

Keywords: hopper, statically stable vault, expiration, vault breaker, vault-forming size, grain expiration.

При всех видах истечения, как следует из теории В.А. Богомягих, все частицы сыпучего перемещаются по пересекающимся линиям скольжения, эквидистантным образующей поверхности скольжения потока. Последнее позволяет рассматривать процесс движения сыпучих тел с учетом образования в них сводов и сопровождающих их явлений.

По теории проф. В.А.Богомягих [1] движение частиц с конечными размерами в сужающемся потоке происходит по пересекающимся линиям скольжения, параллельным образующей поверхности скольжения потока. В результате такого движения частицы способны в объёме бункера образовывать неустойчивые (динамические) своды и статически устойчивые своды. В результате образования последних подача зерна к катушке сеялки прекращается, что негативно сказывается на равномерности высева зерна.

Истечение зерна из ёмкости возможно в случае, если размер выпускного отверстия больше наибольшего сводообразующего размера, то есть, при условии, когда $R_v > R_{н.св.}$. Для различных форм выпускных отверстий $R_{н.св.}$ определяется по различным формулам.

В общем случае этот расчёт ведётся по эмпирической формуле $R_{н.св.} \approx (3 - 5) d_y$, где d_y – условный диаметр частиц сыпучего зернистого тела. Однако эта формула не учитывает физико-механические свойства частиц (зерна), а также угол их укладки в объёме ёмкости.

Последние факторы, как показала практика эксплуатации бункеров (ёмкостей), существенно влияют на их нормальное функционирование, то есть, на процесс истечения из них сыпучих зернистых тел. В связи с изложенным, выведем формулу для определения значения $R_{н.св.}$ бункера сеялки.

При его образовании скольжение (перемещение) частиц в ёмкости не будет наблюдаться при условии, если величина сдвигающей силы Q (рисунок 1), действующей в плоскости соприкосновения зёрен свода, меньше или равна силе трения F между ними.

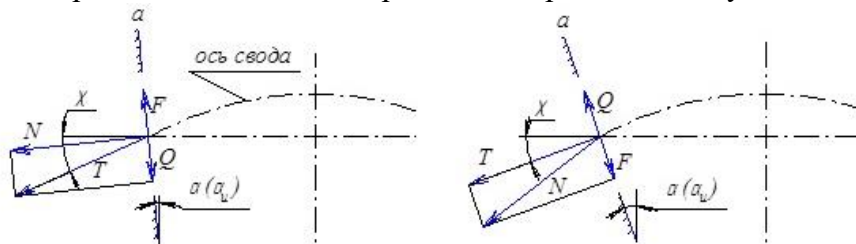


Рисунок 1. К определению условия устойчивости опор статически устойчивого свода.

При этом, сила N перпендикулярна образующей стенки ёмкости а-а (при гидравлическом виде истечения) или образующей поверхности потока (при нормальном виде истечения). В последнем случае (нашем случае) $\alpha_i = \chi$, где χ – угол между касательной к кривой свода в его пяте и горизонталью. Этот угол определяется по формуле проф. В.А. Богомягих [1]. Исходя из теории В.А.Богомягих также определено уравнение кривой статически устойчивого свода (рисунок 2).

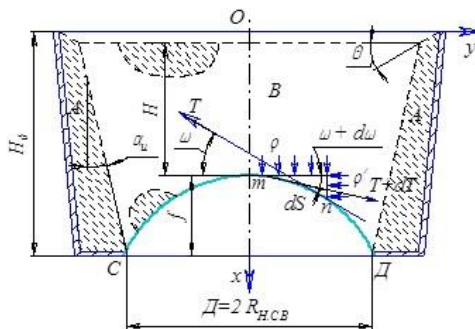


Рисунок 2. Схема сил, действующая на элемент статически устойчивого свода.

Оно получено из уравнений равновесия системы сил, действующих на элемент свода dS , соответственно, на оси координат Ox и Oy

$$\sum x = 0; \sum y = 0$$

Тогда

$$y = \pm \sqrt{\frac{\rho'}{\rho} x^2 + \frac{2(H\rho' + \rho R_{н.св.} \text{ctg} \alpha_u)}{\rho} + \frac{\rho'}{\rho} (H-f)^2 - \frac{2(H\rho' + R_{н.св.} \rho \text{ctg} \alpha_u)(H-f)}{\rho}}$$

уравнение кривой – эллипс,

где ρ и ρ' – усилия, приходящиеся на единицу длины проекций свода (соответственно на ось x и y);

α_u – угол линий скольжения частиц (зерна) к вертикали;

$R_{н.св.}$ – наибольший сводообразующий размер выпускного отверстия ёмкости;

f – стрела статически устойчивого свода;

H – текущая высота столба сыпучего тела над статически устойчивым сводом.

Также определена его стрела

$$f = R_{н.св.} \delta$$

где δ – теоретический коэффициент, равный

$$\delta = \sqrt{A^2 \text{ctg}^2 \alpha_u + A - A \text{ctg} \alpha_u}$$

где $A = \rho / \rho'$ – коэффициент пропорциональности между осевым и горизонтальным давлениями в любом сечении щелевого бункера (ёмкости).

Исходя из равновесия системы сил, действующей на замковую частицу « m » статически устойчивого свода (рисунок 3) [2], определён для щелевого отверстия ёмкости сеялки его наибольший сводообразующий размер $R_{н.св.}$

$$R_x = \frac{2\pi d_y}{AK} \times \frac{[R_{н.св.} + (f - r_y \cos \beta \text{tg} \chi) r_y \sin \beta \text{ctg} (\beta + \alpha_u)]}{[R_{н.св.} + (f - r_y \cos \beta) \text{ctg} \chi] + l_{щ}}$$

где γ – насыпная плотность зерна в ёмкости;

η – плотность отдельного зерна;

d_y – условный диаметр зерна;

- f – стрела статического свода;
- χ – угол между касательной к кривой статического свода в его пяте и горизонталью;
- $l_{щ}$ – длина щели выпускного отверстия;
- r_y – условный радиус зерна;
- β – угол укладки зерна в объёме бункера;
- α_n – угол скольжения (линии скольжения) частиц зерна при нормальном его истечении из ёмкости с щелевым выпускным отверстием;
- $R_{н.св.}$ – наибольший сводообразующий размер щелевого выпускного отверстия бункера.

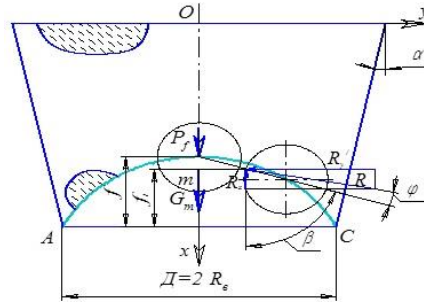


Рисунок 3. Схема системы сил, действующих на замковую частицу устойчивого свода.

$$R_{н.св.} = \frac{d_y [A(2a_1\eta + 3\gamma)tg(\beta + \psi) + 3\gamma \sin 2\beta tg \alpha_u]}{12\gamma \sin \beta(1 + \delta tg \alpha)}$$

где a_1 – теоретический коэффициент, равный $1/2\cos\beta$ (для нормального вида истечения [3]);

- η – плотность зерна;
- γ – насыпная плотность сыпучего тела;
- β – угол укладки частиц сыпучего тела в объёме ёмкости;
- ψ – внутренний угол между частицами сыпучего тела.

Для определения предельной скорости истечения зерна из выпускного отверстия ёмкости используем формулу,

$$V_{np} = \frac{\sqrt{g}}{R_g \sqrt{tg \alpha_u}} (\sqrt{R_g^3} - \sqrt{R_{н.св.}^3})$$

а предельного расхода зерна используем

$$q_{np} = 2l_{щ} \sqrt{\frac{g}{tg \alpha_u}} (R_g^{1,5} - R_{н.св.}^{1,5}),$$

где $l_{щ}$ – длина выпускной щели ёмкости.

Как видно из указанных формул, при $R_b = R_{н.св.}$ (когда образовался статически устойчивый свод) $V_{np} = 0$ и $q_{np} = 0$. То есть, истечение зерна прекращается и желобки вращающейся катушки не заполняются зерном. На поле образуется просев.

Возможны случаи (при малых нормах внесения), когда $R_b \leq R_{н.св.}$. Другими словами, для таких норм высева зерна не существует выпускного отверстия, при котором возможен высев зерна [4]. В этих ситуациях необходимо устанавливать в ёмкости над катушкой сводоразрушитель, приводящийся в колебательное движение от рёбер желобков вращающейся катушки.

1. Механика влажных сводообразующих зерновых материалов в бункерах / В.А. Богомягих, В.С. Кунаков, Н.С. Вороной, В.П. Трембич; Ростовский филиал Российской инженерной академии менеджмента и

- агробизнеса; Под общей редакцией Богомягих В.А. – зерноград: Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства, 2000. – 100 с.
2. Шевырев, Л.Ю. Совершенствование процесса дозирования семян зерновых культур сеялкой с централизованным высевом: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шевырев Леонид Юрьевич. – Ростов-на-Дону, 2004. – 159 с.
 3. Шевырев, Л.Ю. Совершенствование процесса дозирования семян зерновых культур сеялкой с централизованным высевом: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шевырев Леонид Юрьевич. – Ростов-на-Дону, 2004. – 23 с.
 4. Анализ современных способов посева зерновых культур / А.В. Жигайлов, С.А. Акименко, Р.Р. Сафаров [и др.] // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 68-2. – С. 144-148.

Шевырев Л.Ю.

К определению формы частицы сыпучего материала

*Донской государственный аграрный университет
(Россия, зерноград)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-430

Аннотация

В данной статье представлены теоретические выкладки для определения формы частицы реального сыпучего тела. Определена форма зерна пшеницы, которая согласно представленным расчётам является параболической бочкой.

Ключевые слова: сыпучий материал, форма частицы, зерно пшеницы, параболическая бочка, коэффициент искажения формы, эллипс.

Abstract

This article presents theoretical calculations for determining the shape of a particle of a real bulk body. The shape of the wheat grain has been determined, which according to the presented calculations is a parabolic barrel.

Keywords: bulk material, particle shape, wheat grain, parabolic barrel, shape distortion coefficient, ellipse.

Все сельскохозяйственные сыпучие материалы подчиняются закону сухого трения (влажность от 14 до 16%). Поэтому в основу теоретического решения определения формы частицы реального сыпучего тела положена комбинированная механическая модель дискретного сыпучего тела проф. Л.В. Гячева – В.А. Богомягих, которая, кроме известных допущений бессводобразующей модели сыпучего тела Л.В. Гячева, включает допущения, позволяющие рассматривать процесс истечения сыпучих тел из выпускных отверстий ёмкостей с точки зрения образования в них статически устойчивых сводов.

Механическая модель сыпучего тела предполагает наличие следующих ограничений и допущений относительно формы, размеров и расположения зерен, характера их движения и вида трения между ними:

1. Сыпучее тело состоит из частиц, которые представляют собой одинаковые абсолютно твердые шары с некоторым постоянным углом укладки в объёме бункера.
2. Силы внутреннего трения между частицами и силы трения частиц о стенку бункера пропорциональны соответствующим нормальным усилиям (закон Кулона).
3. Размеры шаров несоизмеримы с размерами поперечных сечений бункера и высотой столба сыпучего тела в нём.
4. Движение реальных шаровых частиц в потоке сыпучего тела происходит без их относительного вращения.

5. Движение шаровых частиц в потоке происходит по пересекающимся линиям скольжения, эквидистантным образующей поверхности скольжения потока сыпучего тела, заключенного в ёмкости.

Все указанные допущения позволяют рассматривать дискретный характер протекания процессов, происходящих в зернистых сыпучих телах.

Кроме перечисленных допущений модель предполагает использовать следующие условия:

1. В процессе движения плотность сыпучего материала не изменяется (условие несжимаемости).
2. Угол укладки шаров сохраняется и в процессе движения (условие «ламинарности» движения).
3. Ввиду малости частиц сыпучее тело можно заменить эквивалентной в механическом смысле сплошной средой.
4. Угол естественного откоса равен приведенному углу внутреннего трения частиц сыпучего материала.

Существует три вида истечения сыпучих тел из выпускных отверстий ёмкостей: гидравлический, нормальный и смешанный. Это связано с различным характером процесса формирования и движения сыпучих тел в ёмкостях, что обусловлено не только различием их форм и конструктивных параметров, но и различием физико-механических свойств сыпучих зернистых материалов. Форма частиц реальных сыпучих тел оказывает существенное влияние на процесс их истечения из бункеров зерновых сеялок и образования сводов. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

По методике, предложенной проф. Л.В. Гячевым [1], диаметр условной шаровой частицы определяется по формуле

$$d_{\text{усл}} = \sqrt[3]{abc}$$

где a – ширина реальной частицы, то есть, максимальный размер её поперечного сечения;

b – длина частицы;

c – толщина частицы.

Формула диаметра условной шаровой частицы не учитывает форму частицы и является упрощенной.

Принятая модель сыпучего тела позволяет учитывать форму частиц реального сыпучего материала с помощью коэффициентов формы и искажения формы реальных частиц. С помощью этих коэффициентов реальная частица произвольной формы приводится к условной шаровой форме.

Определение коэффициентов формы и искажения формы частиц реальных сыпучих материалов вытекает из условий равенства масс и объемов условной шаровой $V_{\text{усл.шар}}$ и реальной частиц $V_{\text{реал}}$.

$$V_{\text{усл.шар}} = V_{\text{реал}}$$

На рисунке 1 приведена схема частицы произвольной формы реального сыпучего тела.

Объём частиц произвольной формы рассчитывается путем решения тройного интеграла от трех произвольных координат или размеров тела в пространстве (x, y, z) .

$$V_{\text{реал}} = \int_{X_{\min}}^{X_{\max}} \int_{Y_{\min}}^{Y_{\max}} \int_{Z_{\min}}^{Z_{\max}} (x, y, z) dx dy dz.$$

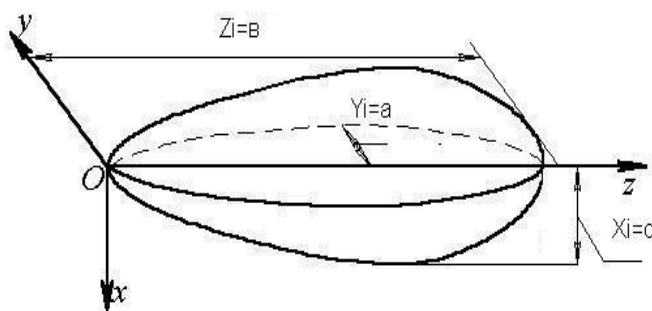


Рисунок 1. Схема реальной частицы произвольной формы.

Путем уравнивания объёмов реальной и условной шаровой частиц определяются коэффициенты формы и искажения формы реальных частиц.

Под коэффициентом формы частицы понимается числовое значение, которое зависит только от формы частицы реального сыпучего тела и не зависит от её индивидуальных размеров.

Под коэффициентом искажения формы реальной частицы понимается величина, постоянная для конкретной формы реальной частицы, определяемая как корень кубический из отношения двух конкретных размеров частицы сыпучего тела (большого её размера к её наименьшему размеру).

$$K_u = \sqrt[3]{\frac{b}{a}}$$

Следовательно, используя принятое условие равенства объёмов частиц, получим зависимость

$$d_{\text{усл.}} = K_{\phi} K_u a,$$

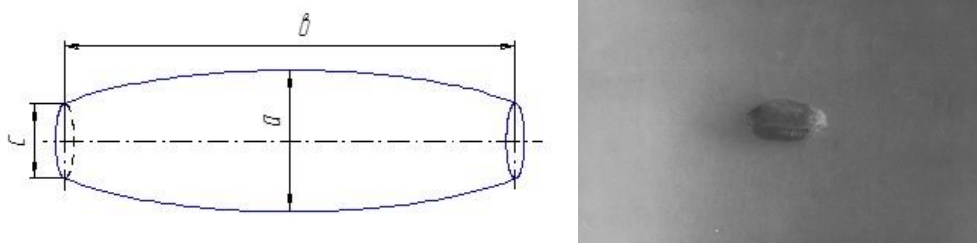
или

$$d_{\text{усл.}} = K_{\phi} a^3 \sqrt{\frac{b}{a}}$$

Последними исследованиями уточнено, что зерно пшеницы по своим основным размерам напоминает не форму эллипса, а форму параболической бочки, объём которой определяется по формуле

$$V = \frac{\pi b}{16} (2a^2 + ac + 0,75c^2).$$

Форма зерна схематически и натуральное зерно пшеницы представлены на рисунке 2



а) схема зерна пшеницы; б) натуральное зерно пшеницы
Рисунок 2. К определению коэффициента формы зерна пшеницы.

Приравняв объём параболической бочки к объёму шара, получим

$$\frac{\pi b}{16} (2a^2 + ac + 0,75c^2) = \frac{\pi d_y^3}{6}.$$

Тогда условный диаметр зерна пшеницы определится из выражения

$$d_y \approx 0,6 \sqrt[3]{b(2a^2 + ac + 0,75c^2)},$$

где $K\phi = 0,6$ – коэффициент, характеризующий форму зерна пшеницы;

$K_u = \sqrt[3]{b(2a^2 + ac + 0,75c^2)}$ – коэффициент искажения формы зерна пшеницы от шара.

1. Механика влажных сводообразующих зерновых материалов в бункерах / В.А. Богомягих, В.С. Кунаков, Н.С. Вороной, В.П. Трембич; Ростовский филиал Российской инженерной академии менеджмента и агробизнеса; Под общей редакцией Богомягих В.А.. – Зеленоград: Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства, 2000. – 100 с.
2. Шевырев, Л.Ю. Совершенствование процесса дозирования семян зерновых культур сеялкой с централизованным высевом: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шевырев Леонид Юрьевич. – Ростов-на-Дону, 2004. – 159 с.
3. Шевырев, Л.Ю. Совершенствование процесса дозирования семян зерновых культур сеялкой с централизованным высевом: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шевырев Леонид Юрьевич. – Ростов-на-Дону, 2004. – 23 с.
4. Анализ современных способов посева зерновых культур / А.В. Жигайлов, С.А. Акименко, Р.Р. Сафаров [и др.] // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 68-2. – С. 144-148.

Ялалова З.Р., Базин Д.А.

Гребные электрические установки в судостроении

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-431

Аннотация

В данной работе рассматриваются гребные электрические установки на постоянном токе. Выделены достоинства и недостатки использования электродвигателей на постоянном токе. Также проводится сравнение нескольких видов гребных электроустановок на судах ледового класса. Приводятся примеры судов, имеющих ту или иную электроустановку в качестве привода.

Ключевые слова: судостроение, гребной привод, электродвигатель, электроустановка, постоянный ток, переменный ток, мощность.

Abstract

In this paper, rowing electric installations with direct current are considered. The advantages and disadvantages of using direct current electric motors are highlighted. There is also a comparison of several types of rowing electrical installations on ice-class vessels. Examples of vessels with one or another electrical installation as a drive are given.

Keywords: shipbuilding, propeller drive, electric motor, electrical installation, direct current, alternating current, power.

Сейчас довольно большое внимание уделяется развитию логистики в связи с санкционными ограничениями. Одним из наиболее развивающихся направлений логистики сейчас является судоходство. В частности, в Российской Федерации – Северный морской путь.

Из-за сложных условий работы к важнейшим узлам и приводам предъявляются достаточно высокие требования надёжности и выносливости. Главное требование к электростанции на судах – наличие возможности изменения скорости вращения винта при смене нагрузки на валу гребного винта.

Если говорить о самом распространённом виде гребной электроустановки, то таковой является установка по системе генератор – двигатель (Г-Д). Данная система представляет собой контур одного или нескольких генераторов. Регулировка частоты вращения винта осуществляется изменением напряжения на генераторах. Данная система Г-Д с обратной связью по току в главной цепи обеспечивает возможность стоянки при заклинивании гребного винта. Система автоматизированного регулирования напряжения и магнитного потока обеспечивает постоянную мощность в разных режимах работы.

Ледовый флот Российской Федерации стал формироваться ещё во времена СССР. Самым первым атомным судом был ледокол «Ленин». В состав гребной электроустановки (ГЭД) входят следующие виды оборудования: четыре турбогенератора от которых приводятся в движение два двухъякорных генераторов постоянного тока суммарной мощностью 3840 кВт с напряжением 2·600 В; три двухъякорных ГЭД с суммарной мощностью 14400 кВт и напряжением 2·1200 В; два бортовых ГЭД мощностью 7200 кВт и напряжением 2·1200 В. После этого эксперимента выявлено, что применение атомных реакторов в качестве силовых установок перспективно для питания ГЭД. В дальнейшем для увеличения товарного потока через Севморпуть запущены в эксплуатацию ледоколы «Арктика», «Россия» и «Советский Союз» с мощностями ГЭД по 2·8,8 МВт. Самым большим атомным ледоколом с ГЭД является «50 лет Победы», который имеет 3 гребных электродвигателя с суммарной мощностью на винтах 55 МВт (рис.1).



Рисунок 1. Атомный ледокол «50 лет Победы».

В настоящее время всё более активно проводится освоение нефтегазовых ресурсов и полезных ископаемых на Крайнем Севере и поэтому судовые концерны работают над созданием системы электродвижения судна (СЭД) с индукторным двигателем, способным выдавать ещё более высокие мощности относительно предшественников (рис.2) [2].



Рисунок 2. Сборка «ИД-2000-200», устанавливаемая на морской буксир-спасатель «Виктор Конецкий».

При анализе существующих опытно-конструкторских работ можно выделить ОКР по созданию СЭД для ледокола «Лидер» с суммарной мощностью на четырёх винтах около 120 МВт на базе индукторного электродвигателя с самовозбуждением. Предпосылкой для проведения ОКР послужило успешное применение данного вида электродвигателей на морском буксире «Виктор Конецкий».

Если говорить о ГЭД на переменном токе, то можно сказать, что они наиболее эффективны и менее требовательны к обслуживанию [3]. На судах применяются синхронные или асинхронные гребные электродвигатели с применением преобразователей частоты. Исходя из опыта других стран можно отметить, что на канадском судне «Canberra» устанавливалась гребная электроустановка (ГЭУ) из шести турбогенераторов переменного тока с мощностью 22 МВт и напряжением 3 кВ с частотой 60 Гц и трёх двухъякорных синхронных ГЭД с электромагнитным возбуждением. С целью наиболее эффективного использования ГЭУ стали объединять ГЭУ и общесудовых потребителей в единую электроэнергетическую систему. Например, ледокол «Henry Larsen» обладает тремя генераторами по 5 МВт с дизельным приводом. Генераторы подключаются на шины к понижающим трансформаторам и преобразователям частоты, которые подключены к ГЭД [4].

Если говорить о применении электродвигателей постоянного тока с частотным управлением, то они используются на ледоколах, кабелепрокладочных судах, подводных лодках и танкерах.

Подводя итоги, можно сказать, что в судостроении актуальными задачами являются: повышение энергоэффективности генерации электроэнергии новыми источниками; применение новых типов решений систем электродвижения. Перспективными источниками электроэнергии являются электроэнергетические системы с распределением энергии на постоянном токе. Перспективными системами электродвижения судов можно назвать гребные электродвигатели на основе синхронных машин с возбуждением на постоянных магнитах индукторных гребных электродвигателей с кольцевой компоновкой. Важно выделить, что в связи с достаточно высокой эффективностью двигателей переменного тока сейчас чаще всего в судоходстве применяются именно они, т.к. это позволяет создать единую электроэнергетическую систему судна.

1. Ясаков Г.С., Дмитриев Б.Ф., Калмыков А.Н., Лебедев В.М. Методы повышения качества электроэнергии в единых судовых электроэнергетических системах // *Электротехника*. 2017. № 12.
2. Григорьев А.В., Зайнуллин Р.Р., Малышев С.М. Перспективы применения статических источников электроэнергии на судах с системами электродвижения // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. 2020. Т. 12. № 1.
3. Романовский В.В., Никифоров Б.В., Макаров А.М. Разработка гребного вентильно-индукторного двигателя для систем электродвижения большой мощности // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. 2019. Т. 11. № 2.
4. Хватов О.С., Дарьенков А.Б. Единая электростанция транспортного объекта с электродвижением на базе дизель-генераторной установки переменной частоты вращения // *Электротехника*. 2016. № 3.

Postovoy A.A., Dmitrienko N.A.
Stone crushing waste effect on foam concrete

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of DSTU in Shakhty
(Russia, Shakhty)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-432

Scientific supervisor: Dmitrienko V.A.

Abstract

The paper studies effects of stone crushing waste on the properties of foam concrete taken from the Osinsky quarry in the town of Shakhty, Rostov region. The results of granulometric analysis of sludge composition are given in the paper. Preliminary studies of adding dust sludge fraction into foam

concrete instead of sand demonstrate a decrease in the mobility of the mixture and shrinkage of the hardened samples, and a significant increase in strength rate gained in the initial period of hardening.

Keywords: foam concrete, additive technologies, stone crushing waste, sludge, granulometric composition.

Аннотация

В работе исследуется влияние отходов камнедробления щебня на свойства пенобетона, взятого из Осиновского карьера в городе Шахты. Представлены результаты проведения гранулометрического анализа составов отсева. Предварительные исследования введения пылеватой фракции отсева в пенобетон вместо части песка демонстрирует снижение подвижности смеси и усадку затвердевших образцов, а также увеличение скорости набора прочности в начальный период твердения.

Ключевые слова: пенобетон, аддитивные технологии, отходы камнедробления, отсев, гранулометрический состав.

Each year, urban population growth leads to an ever-increased demand for housing and, accordingly, leads to a significant increase in construction volumes, which is observed in both developed and developing countries. Construction is one of the most energy- and resource-intensive industries, but it has quite low labor productivity indicators even in developed countries. The reasons for this are: weather conditions, the use of outdated technologies and equipment, high rates of physical labor, which requires significant energy and resource costs, as well as logistic, organizational and managerial problems.

In this regard, traditional methods of construction are insufficient, so it is necessary to apply new approaches to housing construction and to urban infrastructure development. 3D printing in construction is a scientific and technological breakthrough that can significantly increase productivity and reduce the time required for housing construction. The technology of 3D printing in construction is supposed to involve the supply of thick concrete layer through the printing head to the laying site by layer extrusion. The contours of future structures are printed, into which materials with high load-bearing capacity are then poured.

The basis of the 3D printing process is the structure of the working solution. Usually, fast hardening fine-grained concrete mixtures are used, the curing of which lasts up to 120 minutes. On this basis, the composition of such concrete includes Portland cement, plasticizers, curing accelerators and reinforcing fibers. It is also important that the mixture thickens quickly, has low shrinkage and guarantees the required strength properties.

Despite the numerous advantages and prospects for the development of 3D printing, this technology has a number of disadvantages, which are expressed in the following: the high cost of equipment, limited choice of suitable material compositions, the possibility of printing defects, and the need for careful control over the printing process.

One of the promising areas for the development of additive technologies is the development of materials used in 3D printing providing high energy efficiency of the building and have the required strength indicators. This direction can become a key factor in the development of additive technologies. The high-energy efficiency of buildings provided by such materials can help to reduce the cost of construction and operation of buildings, as well as improve the environmental situation in cities. Thus, the development of this area can make a significant contribution to innovative construction and improve the quality of life of people.

In view of the above, non-autoclaved foam concrete deserves special attention for several reasons. Firstly, the material provides high-energy efficiency. Secondly, it is widely used both abroad and in the Russian Federation, which indicates its proven effectiveness and reliability. Thirdly, its composition is simple and well known to control the production process and ensure stable product quality. However, this material has a serious disadvantage, expressed in the long time of strength gain due to the presence of foaming agent, which is a problem in the construction of buildings using additive technologies. Therefore, the study and development of foam concrete composition with a high

rate of strength gain is currently an urgent task, the solution of which will make construction even more efficient and faster.

As part of this work, it was decided to study the effect of active dispersed materials on the properties of foam concrete, since they allow regulating the properties of wall materials, improve the building characteristics, increase the efficiency of construction and reduce its cost. In addition, the use of such materials contributes to improving the environmental situation by reducing the amount of waste in landfills.

Rostov region has significant reserves of hard rocks available for crushed stone production. As a result of rock crushing, a large amount of waste in the form of screening is generated, the volume of which is huge and occupies a significant area of the territory, which is well illustrated by the example of Osinovskoye crushed stone quarry in Krasnosulinsky district of Rostov region, which is presented in the figure below



Figure 1. Waste dumps of stone crushing of the Osinovsky crushed stone quarry.

For further research, a screening for crushing stone was taken from the quarry for the analysis of the granulometric composition; the results are presented in Table 1. The number of the granulometric structure variant is indicated in the first column, and the grinding module (MK) is indicated in column 6 (MK).

Table 1

Results of analysis of granulometric composition of screening.

<i>№</i>	<i>Sieve aperture, mm</i>	<i>Residues on sieves, g</i>	<i>Private residues, %</i>	<i>Complete residues, %</i>	<i>MK</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>1</i>	<i>2,5</i>	<i>328,150</i>	<i>32,821</i>	<i>29,746</i>	<i>3,65</i>
	<i>1,25</i>	<i>101,850</i>	<i>10,163</i>	<i>39,648</i>	
	<i>0,63</i>	<i>98,550</i>	<i>9,738</i>	<i>50,125</i>	
	<i>0,315</i>	<i>105,300</i>	<i>10,672</i>	<i>61,682</i>	
	<i>0,16</i>	<i>95,150</i>	<i>9,699</i>	<i>73,765</i>	
	<i>< 0,16</i>	<i>270,370</i>	<i>26,907</i>	<i>100,000</i>	
	<i>Σ</i>	<i>999,370</i>	<i>100,000</i>	<i>-</i>	
<i>2</i>	<i>2,5</i>	<i>338,050</i>	<i>33,805</i>	<i>33,805</i>	<i>3,64</i>
	<i>1,25</i>	<i>86,150</i>	<i>8,615</i>	<i>42,420</i>	
	<i>0,63</i>	<i>95,420</i>	<i>9,560</i>	<i>51,980</i>	
	<i>0,315</i>	<i>108,500</i>	<i>10,850</i>	<i>62,830</i>	
	<i>0,16</i>	<i>97,650</i>	<i>9,785</i>	<i>72,615</i>	
	<i>< 0,16</i>	<i>273,850</i>	<i>27,385</i>	<i>100,000</i>	
	<i>Σ</i>	<i>999,620</i>	<i>100,000</i>	<i>-</i>	

End of table 1

<i>3</i>	<i>2,5</i>	<i>321,000</i>	<i>32,100</i>	<i>32,100</i>	<i>3,58</i>
	<i>1,25</i>	<i>92,700</i>	<i>9,270</i>	<i>41,370</i>	
	<i>0,63</i>	<i>103,550</i>	<i>10,355</i>	<i>51,725</i>	
	<i>0,315</i>	<i>93,640</i>	<i>9,400</i>	<i>61,125</i>	
	<i>0,16</i>	<i>108,150</i>	<i>10,815</i>	<i>71,940</i>	
	<i>< 0,16</i>	<i>280,600</i>	<i>28,060</i>	<i>100,000</i>	
	<i>Σ</i>	<i>999,640</i>	<i>100,000</i>	<i>-</i>	

4	2,5	297,400	29,746	29,746	3,55
	1,25	99,000	9,902	39,648	
	0,63	104,750	10,477	50,125	
	0,315	115,550	11,557	61,682	
	0,16	120,410	12,082	73,765	
	< 0,16	262,300	26,235	100,000	
	Σ	999,410	100,000	-	

Crusher screenings are currently not in great demand due to the high content of fine dust-like particles. In the particle size distribution shown in Table 1, their content can reach 26-28%. A high content of such particles in concrete can adversely affect its strength and durability. In addition, such material will have higher shrinkage, lower frost resistance, and may become more viscous, which will make it difficult to place and compact.

Since in foamed concrete the mineral component of the mortar mix is located in the spaces between the pores formed by the foam bubbles, the strength index of the designed foamed concrete depends on the degree of compaction of the cement and aggregate particles located in the interstitial space. For this reason, fine particles allow for a denser aggregate packing compared to sand commonly used as filler. The fine fraction can be successfully used in foamed concrete compositions.

Preliminary studies of using dust fraction of screening into foam concrete instead of sand demonstrate a decrease in the mobility of the mixture and shrinkage of the hardened samples, as well as an increase in strength gain rate during the initial period of hardening. This is due to the angular shape of the particles, which was clearly visible when performing microscopic analysis.

The use of highly dispersed waste in the production of foam concrete is an effective and environmentally responsible solution. Firstly, it allows obtaining stable and high quality mixtures, improving strength and thermal insulation characteristics. Secondly, the utilization of crushed stone waste helps to reduce the environmental load. In general, the use of highly dispersed waste in foamed concrete is a reasonable choice for sustainable development of the construction industry and improvement of the environmental situation in the region.

1. Artamonov, V. A. Experience of processing crushing screenings / V. A. Artamonov, V. V. Vorobyov, V. S. Svitov // Building materials. - 2003. - No. 6. - pp. 28-29.
2. S. I. Veselova, S. A. Cherevko, I. O. Suvorov, Foam concrete based on stone crushing waste / Bulletin of Civil Engineers. 2010. No. 4 (25). pp. 116-119.
3. Improving the efficiency of foam concrete by using local materials / A. Sh. Kalmagambetova, B. A. Tattimbekova, E. B. Akhmetbai, G. B. Sherembayeva // The age of science. - 2019. - No. 17. - pp. 55-58. - DOI 10.24411/2409-3203-2018-11713.

Postovoy A.A., Dmitrienko N.A.
Design principles for an adaptive housing

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of DSTU in Shakhty
(Russia, Shakhty)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-433

Scientific supervisor: Merenkova N.V.

Abstract

This work is aimed at determining the principles of designing any adaptive building, its advantages and disadvantages compared to the construction of traditional buildings. The study analyzes examples of existing adaptive buildings, and presents options for design the field.

Keywords: adaptive housing, construction, innovation, energy efficiency, flexibility.

Аннотация

Данная работа направлена на определение принципов проектирования адаптивного жилья, его достоинств и недостатков по сравнению с возведением традиционных зданий. В ходе исследования анализируются примеры существующих адаптивных зданий, а также представлены варианты дальнейшего развития области.

Ключевые слова: адаптивное жилье, строительство, инновации, энергоэффективность, гибкость.

Global demand for affordable housing has increased due to rapid urbanization, economic challenges, high unemployment rates, and climate change-related natural disasters. Because of these factors, the need for adaptive housing construction and safety has become a problem in the country. This need has been for the last few years, highlighting a need to find better housing solutions. The term 'affordability' in terms of constructing adaptive housing intended to low-to-middle-income groups.

The current study is a pioneering effort that addresses a significant gap in the literature by exploring the conceptual understanding of sustainability in housing construction and its practical application to affordable housing. Therefore, the study aims to provide valuable insights into the relationship between sustainability of housing construction and affordability by means of using adaptive housing design.

What sets this research apart is its comprehensive examination of these interconnected elements, offering a holistic perspective that surpasses a singular emphasis on personal needs and wishes to adapt to environmental changes and combine functional requirements to adaptive housing. In addition, the use of environmentally friendly materials in adaptive housing is more energy efficient and healthier for people's well-being. Such buildings can change their shape, size and structure depending on circumstances, providing comfort and convenience for the residents.

In connection with the above, the aim of this work is to define the basic principles of designing adaptive buildings, to identify their advantages and disadvantages when compared to traditional housing, and to establish possible ways of developing this field. The results of the research will form the basis for the development of more efficient construction methods and materials that take into account the individual needs and preferences of people.

There are several examples of constructing adaptive buildings in Russia. For example, the Cellular House in Moscow. This is a cellular building consisting of individual modules connected to create different configurations and sizes of house. The modules are made of lightweight materials such as wood or bamboo paying attention to easy transportation and assembly combination. Each module has windows and doors, and the interior of the house includes a kitchen, a bathroom, bedrooms and more. In addition, the modules are customized and have variety of purposes, such as extra work or free space. The key benefits of this type of building are its energy efficiency and flexibility.

Another example of adaptive housing is mobile museum that successfully operates in St. Petersburg. This type of building refers to a type of mobile housing that can be easily moved from place to place. The houses are usually equipped with wheels, a steering system of various sizes and configurations, from small trailers to full mobile homes with a kitchen, a bedroom, and a bathroom. They can also be equipped with solar panels to save energy, water purification systems, and other devices for comfortable living when moving. Buildings of this type are popular among travelers, campers, and those people who move frequently from place to place.

Adaptive housing is also popular abroad. For example, an ecologic house with a vertical garden has been built in the USA. Vertical gardens are multi-level structures with plants grow, creating fascinating green walls. Vegetables and fruits can also be grown. These homes often have special irrigation and lighting systems for the plants. Another advantage of the building is its aesthetic appeal. Green walls create a beautiful background for the interior easily decorated in any style.

In Japan, there are houses equipped with solar panels on their roofs or walls, used to generate solar energy into electricity, thereby powering electrical appliances. The advantages of such buildings are their environmental friendliness, energy efficiency and independence from traditional energy sources, but the disadvantages include high cost and the need for regular maintenance.

Bamboo houses are in China. They are usually built without using nails or glue, and all the elements are connected to each other using special locks. This makes the construction process very fast

and economical, and bamboo itself has high strength and resistance to moisture, which contributes to the high durability of buildings.

All of the above stated buildings are adaptive housing have peculiarities; a cell home can change its shape and size depending on the number of residents, a mobile house moves according to the needs of residents, solar-powered houses use solar energy to generate electricity, bamboo houses are light and durable, houses with vertical gardens improve air quality and absorb noise.

Based on the analysis the adaptive buildings, it is possible to set designing principles of adaptive housing. They are in Figure 1.

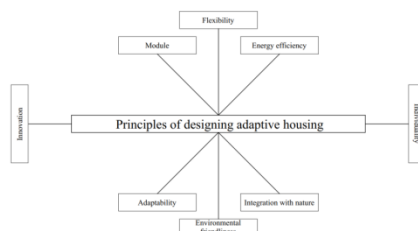


Figure 1. Principles of designing adaptive housing.

The principles are:

Modularity is based on several modules, if necessary; they can be connected or separated, depending on people's needs. It is easy to change the layout and functionality of the building.

Flexibility is based on the space inside of the building that can be easily changed and adapted to various functions and needs.

Energy efficiency is based on innovative technologies and environmentally friendly materials to reduce energy consumption and reduce the impact on the environment.

Openness and integration are necessary to provide an opportunity for interaction with nature and resources.

Environmental friendliness is to eliminate the impact on the environment during operation and construction, i.e. environmentally friendly materials and technologies should be used.

Adaptability is quick changing in environmental conditions, in accordance to functional requirements, interests and the needs of residents.

Individuality corresponds to individual needs and preferences, lifestyle, and work of residents.

Innovation is the use of new technologies and materials to create more efficient and environmentally friendly building materials and constructions.

The advantages of adaptive housing in comparing to traditional housing are obvious: environmental friendliness, energy efficiency, flexibility, modularity, mobility, and individuality.

Among the disadvantages are high cost, complexity of design and construction, and limited applicability (not all types of buildings are suitable for all climatic conditions and regions.).

Based on the work done, possible prospects for the development of adaptive housing are: creating more efficient and environmentally friendly materials; developing new technologies to improve flexibility and modularity; exploring the possibilities of using artificial intelligence to control housing; studying the possibilities of creating adaptive homes for specific groups of people, such as the elderly, people with disabilities, etc.

While construction of adaptive housing stock cannot be changed rapidly, there are still things that can be done now. The current study shows the importance of constructing adaptive housing in modern urban environment for protection people's health. Housing programs can provide direct support for affordable adaptive housing construction. Innovative adaptations to the realities of life could well be crucial even in the near construction of adaptive housing.

1. Mikhailova, N. S. Historical background for the formation of adaptive housing / N. S. Mikhailova, M. V. Perkova // Symbol of Science: International Scientific Journal. - 2015. - No. 6. - S. 334-339.
2. Karpova, T. A. Evolution of adaptive architecture in extreme climates / T. A. Karpov, N. N. Dorofeeva // New Ideas of New Century: Materials of the International Scientific Conference of the FAD of PNU. - 2017. - Vol. 1. - P. 107-113.

Ryazhskikh A.I., Dmitrienko N.A.
Application of a double facade in the Rostov region

*Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of DSTU in Shakhty
(Russia, Shakhty)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-434

Scientific supervisor: Merenkova N.V.

Abstract

The article examines a modern technique of using a double facade as additional glazing in the architecture of buildings and structures. The advantages of this method are taken into account, various examples and a detailed description of using this method in urban construction is given. It is concluded that the method is not yet widely applied not only in the Rostov region but in Russia as well.

Keywords: double facade, facade, glass, energy efficiency, new solutions.

Аннотация

Статья рассматривает современное решение в виде применения двойного фасада с дополнительным остеклением в архитектуре зданий и сооружений.

Рассмотрены преимущества данного решения, приведены примеры и описание строения данного решения. В заключении сделаны выводы о том, что в настоящий момент данная система еще не сильно применяется в России, в том числе и в Ростовской области.

Ключевые слова: двойной фасад, фасад, стекло, энергоэффективность, новые решения.

The double glass facades are long-term stability, high efficiency and architectural acceptable appearance for facades and roof installation. The efficiency of new method is an important characteristic not only after their production, but more important is during their operation in outdoor - weathering conditions in different locations. How to solve the problem of the durability of collector's efficiency over a period and place them in buildings without destroying the architectural appearance? – These are some of the questions that are frequently asked. Some perspectives of installing double facades are discussed in this work.

The construction of high buildings in Russia is gaining high popularity; modern outlook of modern technologies and availability of various construction materials, including new ones, allow constructing new buildings with higher efficiency. Recently, many innovations in creating new materials like modified glass become popular. For example, photochromic and electro-photochromic glasses were invented exposing sunlight or, change the level of light transmission, as well as energy-efficient and low-emission glass, self-cleaning and consisting of air helium. This led to improvement in methods of glazing systems of buildings.

Modern engineers are looking for new solutions to create more efficient and durable glass products. One of the latest achievements in this area is the double glass facade. This type of facade consists of two glass shells, which, in comparison to conventional glasses, is more reliable to protect buildings from weather conditions, maintain temperature conditions due to the space created between glasses and create fashionable designs of urban buildings. The outlook of such facade is a long glass sheet, usually installed as additional glass facades to already existed ones during reconstruction or newly installed during the construction of a new building.



Figure 1. Double facade view.

Inside facade consists of a frame and two glasses, thereby forming a so-called buffer zone; outside more durable, tempered glass is required. The distance between these two shells can be from 20 centimeters to 2 meters. This distance is used to accommodate adjustable sunshades.

The advantages of a double façade include:

- Improved thermal insulation: additional air gap between two walls provides excellent thermal insulation, allows saving on heating or air conditioning in the building.
- Increased sound insulation: the double facade significantly reduces the level of external noise, making the building more comfortable for residents.
- Improved ventilation: the air gap also creates natural ventilation, preventing the formation of condensate and improving the internal climate of the building.
- Increased service life: the double facade provides better protection from external influences, such as humidity, wind, sunlight, thereby improving the service life of the building, namely of building materials



Figure 2. Building with double facade. Complex of "Lakhta Center" in St. Petersburg.

When designing a building with a double facade, the following statements should be considered:

- Materials: it is necessary to know whether certain materials are suitable for a double facade system, since this system will impose additional loads on the building.
- Increasing the building area: during the reconstruction process, overall sizes of buildings will be increased due to the installation of facade glasses
- The shape and floor of the building: the height and outlook of a modern building for applying a double facade also play an important role; the outlook of the double facade will depend on specialized fasteners and the choice of glass shape.

In conclusion, it is possible to say that the double façade is an effective solution for creating energy-efficient and comfortable buildings.

The correct choice of materials, air gap sizes and ventilation openings, as well as modern architectural design will help create unique and functional buildings to meet all the requirements of modern construction



Figure 3. Novatek building in Moscow.

Now in Russia there are limited number of buildings with double façade. The problem of insufficient use of double facades can be explained by the lack of sufficient experimental and scientific base in the country. However, some buildings with this system exist due to the involvement of foreign construction companies that have rich experience in this field. As a vivid example, two buildings are considered: Novatek in Moscow and the Lakhta Center complex in St. Petersburg.

1. Buildings and structures with translucent facades and roofs. Theoretical foundations of designing translucent structures. - St. Petersburg, Engineering and Information Center for Window Systems, 2012 P. 42
2. Semenova E.E., Lebedev D.Yu. Primary study of double facade glazing systems // Scientific journal. Engineering systems and structures. 2016. No. 1 (22). pp. 206-214.
3. Magai A.A., Dubynin N.V. Translucent facades of high-rise multifunctional buildings // Bulletin of MGSU. 2010. No. 2. pp. 14-21.
4. Kozak E.S., Aksenova S.M. Prospects for double-facade technology in architecture // Science of the young - the future of Russia, a collection of scientific articles of the 3rd International scientific conference of promising developments of young scientists: in 6 volumes. Kursk: Publishing House of ZAO "University Book", 2018. P. 167-171.

Postovoy A.A., Dmitrienko N.A.

The need for installing temporary structures in modern urban environment

*Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of DSTU in Shakhty
(Russia, Shakhty)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-435

Scientific supervisor: Pashkova O.V.

Abstract

This work is aimed at substantiating the need for installing of temporary structures in modern urban environment. A developed classification of temporary structures is given, the reasons for the effectiveness of using temporary structures in urban environment are stated, and recommendations for reducing their negative impact are pointed out.

Keywords: temporary structures, urban environment, efficiency, construction.

Аннотация

Данная работа направлена на обоснование необходимости установки временных сооружений в городской среде. Представлена разработанная классификация временных сооружений, приведены причины эффективности использования временных сооружений в городской среде, а также рекомендации по снижению их негативного влияния.

Ключевые слова: временные сооружения, городская среда, эффективность, строительство.

In the modern world, urban spaces are constantly changing, which contributes to the emergence of situations when there is an urgent need to install temporary structures for various purposes: holding mass events, reconstructing buildings, building new facilities, organizing exhibitions, sports events, etc. Temporary structures are objects necessary for performing certain tasks for a limited period. One example of a temporary structure is mobile trade pavilions installed for a short time, during fairs or festivals. They are usually made of lightweight materials that allow installation and disassembly very quickly.

Temporary structures allow solving various problems in a short time: lack of space, creation of comfortable conditions for people, protection from bad weather, temporary accommodation, storage of materials and equipment, organization of food outlets, medical care, reducing the load on the main urban infrastructure, reducing environmental pollution.

In this regard, the aim of this work is to determine the effectiveness of the use of temporary structures in an urban environment and to develop recommendations for their improvement, as well as to reduce the negative impact on the environment. The results of the work done will help in making decisions on the feasibility of using temporary structures in the future.

Temporary structures can have various shapes and sizes depending on their purpose. For example, construction trailers can be used in construction, which serve as temporary housing for workers, or containers used for storing construction materials. The classification of temporary urban structures is presented in Figure 1.

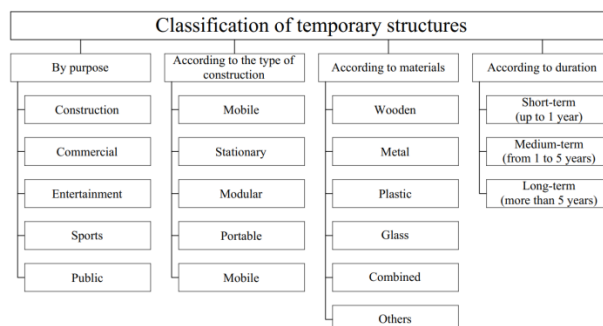


Figure 1. Classification of temporary structures.

The efficiency of temporary structures in an urban environment depends on many factors, such as their purpose, location, duration of use, etc. In general, they are useful for the city, as they often contribute to the quick solution of problems at relatively minimal costs. However, it should be taken into account that there may be certain inconveniences for residents (noise, dust, traffic disruption). Therefore, it is important to find a balance between the advantages and possible negative consequences of using temporary structures. Among such consequences are the following: disturbance of the architectural appearance of the city; creation of visual noise; unsafe operation, especially if the installation was carried out without observing the necessary rules and regulations, valuable urban space is used; creation of inconvenience for residents; high cost of installation and maintenance. The use of temporary structures in an urban environment can be effective in terms of a temporary solution to certain problems or for testing new ideas and concepts.

The advantages of installing temporary structures in urban environment:

1. Solving urgent problems – the need for temporary housing after a natural disaster or a place for holding a temporary event.
2. Testing and pilot projects – testing new ideas and concepts before making a final decision, for example, new technologies, infrastructure changes, or approaches to urban planning.
3. Flexibility – structures are often simple and quickly assembled, changed, or dismantled, depending on needs and changes in the environment.
4. Cost-effectiveness – temporary structures often cost less than permanent structures and are built faster.
5. Reducing environmental impact – construction can have less impact on the environment, as structures are used temporarily and eventually are dismantled or converted into permanent structures.

In this regard, the use of various temporary structures in most cases is an effective and most rational option. However, when designing and constructing temporary structures, it is necessary to take into account recommendations to reduce the negative impact on the environment and human life:

- provide for the reuse of temporary structures after project completion (conversion to permanent facilities);
- use environmentally friendly materials and technologies that minimise environmental damage and waste generation;
- ensure efficient use of resources (water, materials, electricity);

- adopt a modular and prefabricated construction approach that will reduce construction time and simplify the dismantling process;
- minimize impacts on soil, vegetation and wildlife by preserving and restoring natural ecosystems during construction;
- carry out regular inspections and maintenance of temporary structures to reduce the likelihood of emergencies.

The installation of temporary structures is an important aspect of the development of the urban environment, as it allows you quickly and effectively solving problems in various fields of activity. However, when using temporary structures, it is necessary to take into account their advantages and disadvantages in order to make the most effective and rational decision to eliminate the problem that has arisen.

1. Akimova M. I. Typology of temporary structures in a modern city (on the example of Novosibirsk) / M.I. Akimova, G.A. Gusarov // Bulletin of Eurasian Science. 2018. No. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tipologiya-vremennyh-sooruzheniy-v-sovremennom-gorode-na-primere-goroda-novosibirska> (date of access: 13.10.2023).
-

РАЗДЕЛ XXIII. ФИЗИКА

Кошман В.С.

Возможные эпизоды эволюции Вселенной, или о природных явлениях, идеях и ходе космологических событий*Независимый исследователь
(Россия, Пермь)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-436

Аннотация

В статье принят во внимание установленный в прецизионных измерениях факт, что реликтовое излучение представляет собой природное абсолютно черное тело. В согласии с законами чернотельного излучения в их записи через планковские величины рассматривается физическая модель расширяющейся с охлаждением Вселенной. Смысловая нагрузка решений двойного интеграла Планка и интеграла Планка – Бора указывает на значимости идей атомной физики для вопросов описания движения Вселенной у истока ее расширения.

Ключевые слова: реликтовое излучение, модель Вселенной, законы абсолютно черного тела, планковские масштабы, период термоядерных реакций.

Abstract

The article takes into account the fact established in precision measurements that the cosmic microwave background radiation is a natural black body. In agreement with the laws of blackbody radiation, written in terms of Planck quantities, a physical model of the Universe expanding with cooling is considered. The semantic load of the solutions of the double Planck integral and the Planck–Bohr integral indicates the significance of the ideas of atomic physics for the issues of describing the motion of the Universe at the source of its expansion.

Keywords: cosmic microwave background radiation, model of the Universe, black body laws, Planck scales, period of thermonuclear reactions.

Анализируя особенности изложения той или иной физических теорий, автор [3, с. 231] выделяет три подхода: хотя бы частично догматический, смешанный и исторический подходы. Первый из них по необходимости используется в учебниках, где сначала формулируется гипотеза, затем излагаются ее следствия и, наконец, эти следствия сравниваются с результатами эксперимента. Второй из подходов, дополняя догматическое изложение экспериментами в истории, показывает, как возникали гипотезы. Однако более полное понимания физической теории, по мнению автора, можно достичь, лишь следуя историческому методу, который «позволяет судить, насколько данная гипотеза необходима для объяснения данного круга явлений, можно ли ее видоизменить и каковы последствия ее применимости». И в этом плане вопросы описания движения ранней Вселенной, пожалуй, не являются исключением.

Предпринимая попытку обозначить контуры фрагментов картины эволюции ранней Вселенной и не отвечая на многие вопросы, автор обращается к эпизодам истории, которые «нельзя наблюдать, почувствовать, увидеть даже с помощью приборов» [15, с. 39]. Как и при решении каждой из достаточно сложных физических задач, при осмыслении движения материи Вселенной есть опасность компенсировать недостаток знаний богатством фантазии. Полагаем, о эволюции ранней Вселенной можно судить, опираясь лишь только на надежно установленные факты, а также на достоверные сведения о физических процессах и явлениях, причем путем «распространения известного на неизвестное» [18]. Ниже в общих чертах рассмотрим динамику развития представлений о физических явлениях и эволюции

Вселенной, выделим методический прием и результаты возможного решения космологических задач.

В античные времена пифагорейская философия и Платон утверждают, что внутренняя сущность всех вещей может быть описана математически. В XVI веке Р. Декарт рассматривает материю, движущуюся в пространстве и времени, как наиболее фундаментальное явление в природе. Идет поиск закономерностей реального мира, изучаются и выявляются его сущностные свойства. В XVII веке И. Ньютон, изучая проявление гравитации и обобщая массив опытных данных по движению планет Солнечной системы, теоретически устанавливает закон всемирного тяготения. В XX веке А. Эйнштейн, полагая, что «существование гравитационного поля может считаться лишь относительным» (цит. по [13, с. 129]), закладывает основы общей теории относительности (ОТО). На рубеже XIX – XX веков А. Беккерель (1896 г.) открывает явление радиоактивности, а М. Планк в поиске

- теоретически устанавливает [16] совпадающую с данными опыта формулу для колоколообразной кривой спектра излучения абсолютно черного тела в ее записи через скорость распространения света в вакууме c , постоянную Больцмана k_B и элементарный квант действия h ;
- дополняя фундаментальные постоянные c , k_B и h гравитационной постоянной Ньютона G_H , оформляет попытку найти математические соотношения между явлениями природы, предлагает [17] естественные единицы измерения длины $L_{pl} = 10^{-35}$ м, массы $m_{pl} = 10^{-5}$ г, времени $t_{pl} = 10^{-43}$ с и температуры $T_{pl} = 10^{32}$ градусов;
- для элементарной, но конечной области вводит [16] элементарный квант действия h весьма уникальным способом:

$$\iint d\mathfrak{q} d\mathfrak{p} = h, (1)$$

где \mathfrak{q} - обобщенная координат, а \mathfrak{p} - соответствующий ей импульс давления. Гипотеза Планка (1) неразрывно связана с движением материи в пространстве и времени, а также с особенностями ее пути в согласии с принципом наименьшего действия. Усилия сосредоточены и на выявлении природы явлений, и на их количественном описании.

Выход на радиоактивность и ее дальнейшее исследование не только положили конец античной идее о неделимости атомов, но и позволили выделить три вида распадов/лучей: α -, β - и γ - радиоактивности. Сегодня известно, что α -, β - и γ - лучи – это ядра гелия, электроны и фотоны соответственно. [1, с. 233]. Излучение каждого радиоактивного источника характеризуется его природой и энергией, гамма – излучение и ядерные реакции неразрывны [20 и др.]. В 1931 г. открытие Беккереля нашло и свое космологическое приложение. Ж. Леметр (*не отвечая на вопрос о массе Вселенной*) предлагает схему [6, с. 179]: «Вселенная начиналась с одного – единственного атома, который заключал в себе огромную массу – всю массу Вселенной. Этот единственный очень массивный атом был чрезвычайно радиоактивным. Он мгновенно распался на части, которые претерпели дальнейший распад, распады продолжались, и радиоактивность, которую мы наблюдаем сейчас, представляет собой просто остатки начальной радиоактивности». За 30 лет до публикации Леметра (в последние недели 1899 года *с позиции единства законов физики*) Планк отмечает [17]: естественные единицы справедливы «для всех времен и для всех культур, в том числе внеземных...». Может у космологической задачи и нет однозначного ответа, но необходим и поиск вариантов ее частичного решения.

В 1922 г. А.А. Фридман при исследовании мировых уравнений Эйнштейна устанавливает свойство не стационарности Вселенной (СНСВ), до мгновения начала расширения ныне окружающий нас мир был сосредоточена в математической точке (то есть при $t = 0$ секунд $V = 0$ м³). Применение нестационарных решений ОТО к реальной Вселенной оказалось возможным после того как Э. Хаббл (1929 г.) установил красное смещение спектральных линий излучения далеких звездных скоплений. «Красное смещение

– отмечает В. Паули [14], - можно удовлетворительно интерпретировать лишь как сдвиг Доплера, обусловленный движением туманностей в смысле расширения Вселенной как целого». В наши дни, говоря о расширении Вселенной, обычно используется аналогия [11]: галактики – это отдельные метки на поверхности шара, и если этот шар раздувается, то расстояние между галактиками увеличивается.

В середине XX века идея Леметра получает дальнейшее развитие в работах Г.А. Гамова и его сотрудников. Предсказаны «горячее» начало Вселенной и ее химический состав, реликтовое излучение и его криогенная температура. Согласно Гамову, в глубинном прошлом температура охлаждающейся Вселенной достаточна для термоядерных реакций. Модель «горячей» Вселенной отвечает природным явлениям и изначально указывала пути своей опытной проверки. К настоящему времени установлено почти изотропное, однородное реликтовое излучение (РИ) со спектром излучения абсолютно черного тела (с одной и той же температурой $T_n = 2,725$ К) [4 и др.]. Эффекты, связанные с «энергией фотона из спектра излучения черного тела», «не так легко увидеть» [4]. Очевидно, требует развития идея о том, что «реликтовое излучение – фон из начала времен в самом буквальном смысле слова» [21].

Изучение движения материи Вселенной началось методом ОТО. Полученный здесь весомый результат (СНСВ) обеспечил вывод о том, что наша Вселенная расширяется. Дополнение геометродинамики идеями атомной физики и термодинамики позволило предсказать наличие фотонной составляющей материи Вселенной (РИ). Идея о расширении Вселенной с охлаждением находит свое опытное подтверждение. Теория и результаты астрономических наблюдений служат основанием к целенаправленному изучению и феномена реликтового излучения, и движения массивов галактик. Идеи ученых и инженеров воплощаются в средства для внеземных измерений, разрешающая способность которых год от года возрастает [21]. Однако резервы атомной физики в целях описания движения ранней Вселенной, на наш взгляд, в полной мере не реализуются.

По вопросу ранней истории Вселенной состоялось заседание Президиума РАН с докладом выступил один из ведущих космологов И.Д. Новиков. В докладе отмечается, что в «самом начале вещество Вселенной было очень плотным..., почти однородным и очень горячим, поэтому нашу Вселенную мы называем горячей. Расширение началось примерно 15 млрд. лет назад. В ходе расширения Вселенной температура падала. После первых минут расширения, когда температура горячей материи упала примерно до 1 млрд. градусов Кельвина, произошел синтез легких химических элементов...от той далекой эпохи, когда Вселенная была горячей, остались существенные следы. Самый заметный из них – слабое электромагнитное излучение...и именно оно несет нам сведения о первых мгновениях существования нашей Вселенной» [11].

Отвечая «на вопрос: что было до начала горячей Вселенной?», Новиков вспоминает, что в середине 1960 – х годов к космологам пришел Э.Б. Глинер и «высказал предположение, что в начале расширения материя находилась в так называемом *вакуумном состоянии*» [там же]. Также в докладе отмечается, что установленное методом ОТО «чрезвычайно быстрое, или экспоненциально быстрое, расширение» Вселенной началось от времени 10^{-43} с, массы 10^{-5} - 10^{-6} г и температуры 10^{32} градусов Кельвина, когда «размер Вселенной, в которой мы ныне живем, был ничтожно маленький, всего 10^{-33} см, то есть на 20 порядков меньше размера атомного ядра» [там же]. По ходу дискуссии был задан вопрос [11]: «Академик Г.А. Голицын: Я вижу, что от теории Гамова ничего не осталось. Может быть, вы прокомментируете эту ситуацию... И.Д. Новиков: Гамов выдвинул теорию горячей Вселенной и предсказал наличие реликтового излучения. Экспериментаторы на это не обратили никакого внимания, сознательно поиски реликтового излучения в то время не велись... В нашей стране были сделаны измерения излучения, которое приходит из Вселенной на Землю, без знания теории Гамова...».

Как стало известно, только в 1946 – 1948 гг. Г.А. Гамов и его сотрудники Р. Альфер и Р. Герман в журналах *Physical Review Journal*, *Nature* и *Reviews Modern Physics* опубликовали 10 работ о том, что Вселенная должна быть наполнена излучением абсолютно черного тела.

Пребывание вне потока заслуживающей внимание информации служит и преградой для задачи раскрыть суть достигаемых результатов. «...замкнутые объяснения идей и формул, которые используются и проверяются в современных космологических наблюдениях», даны в работе [4], где, в частности, отмечается, что «идея инфляции остается лишь гипотезой».

Следуя сложившемуся мнению, С. Вайнберг отмечает [4, с. 157]: «Данные, которыми нас снабжают отступления от полной изотропности реликтового излучения, относятся к наиболее важной информации об эволюции Вселенной». Так ли это? Согласно содержанию фотографии в работе [23], в 1950 году Гамов обращает наше внимание на закон, известный из курса физики: «В нынешнюю эпоху, когда плотность вещества во Вселенной составляет около 10^{-30} г/см³, а температура - всего около 3 К, плотность излучения (согласно закону Стефана - Больцмана)...». Обрываем фразу, выделяем зависимость объемной плотности энергии чернотельного излучения $u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V}$ от его температуры T : $u_\varepsilon = aT^4$, где постоянная излучения a не только $a = \frac{\pi^2 k_B^4}{15 c^3 \hbar^3}$ [4], но и $a = \frac{U_{\varepsilon pl}}{V_{pl} \cdot T_{pl}^4}$ (здесь и далее $U_{\varepsilon pl}, V_{pl}$ и T_{pl} – планковские энергия, объем и температура соответственно). Имеем закон/уравнение Стефана – Больцмана в форме записи

$$u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V} = U_\varepsilon^{(1)} n_\varepsilon = \frac{U_{\varepsilon pl}}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}} \right)^4 \quad (2)$$

(n_ε – объемная концентрация газа фотонов). Обсуждаемая в литературе идея о планковском состоянии материи Вселенной, пожалуй, находит свое опытное подтверждение.

Если энергию единичного фотона $U_\varepsilon^{(1)}$ принять равной $U_\varepsilon^{(1)} = k_B T$ [5, с. 81], то с достаточной для наших целей точностью одну из искомым переменных величин в (2) несложно найти, следуя космологическим функциям $\Psi_1(n_\varepsilon, \frac{T}{T_{pl}}, V_{pl}) = 0$ и $\Psi_2(N_\varepsilon, \frac{T}{T_{pl}}, \frac{V}{V_{pl}}) = 0$:

$$n_\varepsilon = \frac{N_\varepsilon}{V} = \frac{1}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}} \right)^3, \quad N_\varepsilon = \frac{N_\varepsilon}{N_{\varepsilon pl}} = \frac{V}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}} \right)^3, \quad V = \frac{N_\varepsilon}{N_{\varepsilon pl}} \left(\frac{T_{pl}}{T} \right)^3 V_{pl} \quad (3)$$

где $N_{\varepsilon pl} = 1$. При включении гравитационной постоянной G_H в запись закона/уравнения Стефана – Больцмана его информативность возрастает, высвечиваются ранее незаметные грани физических явлений фотонное излучение, гравитация, радиоактивность, вычленяется [19] физический смысл решаемых задач, чего нельзя сказать о формулах, где «размерности энергии, массы и частоты одинаковы» [12, с. 137]. Изменчивость n_ε обусловлена как «ходом производства» массива фотонов, так и его движением от центра к периферии в пространстве и времени.

Возможная изменчивость объема Вселенной V , температуры фотонного излучения T , а также числа ныне реликтовых фотонов N_ε от времени t схематично показана на рисунке. Подстрочный индекс “ n ” соотносит параметры к нашей эпохе, индекс “ O ” – к окончанию термоядерных реакций ($t_O \approx 100$ с [7]), а временной интервал $0 \leq t \leq t_{pl} = 10^{-44}$ с отвечает эпохе Планка, которая уже который год ожидает должного к себе внимания.

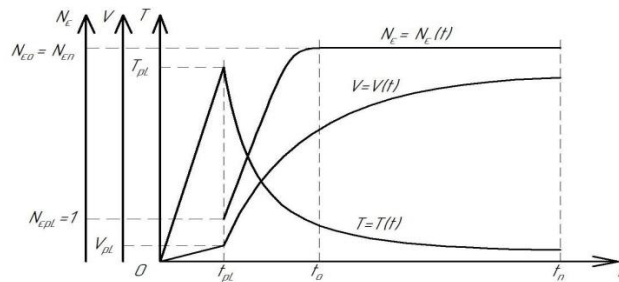


Рисунок 1. Примерный ход кривых $V = V(t)$, $T = T(t)$ и $N_\varepsilon = N_\varepsilon(t)$.

На сегодняшний день «на планковских масштабах пространство – время не является хорошо определенным понятием, да и сами планковские масштабы считаются слишком элементарными, чтобы подходить на роль носителей термодинамических параметров». Тем не менее - не исключено, что на этапе пути $0 \leq t \leq t_{pl}$ началу мира отвечает развернутый в пространстве и времени физический процесс, за которым (при $t > t_{pl}$) следует каскад термоядерных реакций. Один из создателей атомной физики Н. Бор отмечает [2, с. 11]: «Далекое от того, чтобы дать общую картину явлений в атомных масштабах, великое открытие Планком кванта действия представляло собой попытку включения совершенно новых элементарных понятий в последовательное описание физических процессов». Автором предпринята попытка обозначить контуры физической картины в зоне ближайшего к так называемой сингулярности развития Вселенной. Обращаемся к гипотезе Планка (1). Объем мира V изменяется от начального $V_{нач} = 0 \text{ м}^3$ до его планковской величины $V_{pl} = L_{pl}^3 \approx 10^{-105} \text{ м}^3$ – см. рисунок. Имеем приращение координаты $\int d\varphi = V_{pl} - 0 = V_{pl}, \text{ м}^3$. Импульс давления $p \cdot t$ изменяется в пределах от начального $p_{нач} \cdot t_{нач} = p_{нач} \cdot 0 = 0, \text{ Дж} \cdot \text{ с}/\text{м}^3$ до планковской величины $p_{pl} \cdot t_{pl} = \frac{U_{pl}}{V_{pl}} t_{pl}, \text{ Дж} \cdot \text{ с}/\text{м}^3$. Приращение импульса давления $\int dp = p_{pl} \cdot t_{pl} - p_{нач} \cdot t_{нач} = p_{pl} \cdot t_{pl} - 0 = p_{pl} \cdot t_{pl}, \text{ Дж} \cdot \text{ с}/\text{м}^3$. На планковских масштабах имеем результат [9]:

$$\iint d\varphi dp = \int d\varphi \int dp = V_{pl} \frac{U_{pl}}{V_{pl}} t_{pl} = U_{pl} t_{pl} = \left(\frac{\hbar \cdot c^5}{G_H} \right)^{1/2} \left(\frac{\hbar \cdot G_H}{c^5} \right)^{1/2} = \hbar = \frac{h}{2\pi}, \quad (4)$$

(здесь h – элементарный квант действия, $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{ с}$), отвечающий физическому смыслу внутренних связей в (1).

Вместе с тем, как свидетельствует автор [10, с. 17], «вдохновленные постулатами Бора физики середины двадцатых годов нашего века старались отыскать общие принципы, которые позволили бы определять энергии стационарных состояний в согласии с опытом», приняли соотношение $\oint p d\varphi = hn$; $n = 0, 1, 2, \dots$, где в полном цикле периодического движения (в атомных масштабах) импульс p , сопряженный φ , определяется как функция φ законами классической механики.

Для заселяемой элементарными частицами расширяющейся от планковского состояния с охлаждением Вселенной (на рисунке интервал времени $t_{pl} < t \leq t_0$) применяем интеграл

$$\int p d\varphi = hn. \quad (5)$$

Импульс давления p и координату φ - с учетом связей между безразмерными планковскими величинами (3) - соответственно задаем формулами $p = pt = \frac{U_{\varepsilon pl}}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}} \right)^4 t$, $\text{ Дж} \cdot \text{ м}^{-3} \cdot \text{ с}$ и $\varphi = V = \frac{N_{\varepsilon}}{N_{\varepsilon pl}} \left(\frac{T_{pl}}{T} \right)^3 V_{pl}, \text{ м}^{-3}$. Получаем

$$\begin{aligned} \int p d\varphi &= U_{\varepsilon} t_{pl} \int \left(\frac{T}{T_{pl}} \right)^4 \frac{T}{T_{pl}} d \left[\frac{N_{\varepsilon}}{N_{\varepsilon pl}} \left(\frac{T_{pl}}{T} \right)^3 \right] = \\ &= \hbar \int \left(\frac{T}{T_{pl}} \right)^4 \frac{T}{T_{pl}} d \left[\frac{N_{\varepsilon}}{N_{\varepsilon pl}} \left(\frac{T_{pl}}{T} \right)^3 \right] = \hbar n. \quad (6) \end{aligned}$$

Наблюдаем согласие физических позиций (5) и (6). Принимая функцию $\frac{T}{T_{pl}} = \frac{1}{f^{1/4}} \left(\frac{t_{pl}}{t} \right)^{1/2}$ (здесь f – весовая функция) [8] за зависимость температуры излучения T от времени t , при числовом значении $f = 1$ имеем

$$\int \frac{d \left[\frac{N_{\varepsilon}}{N_{\varepsilon pl}} \left(\frac{t}{t_{pl}} \right)^{3/2} \right]}{\frac{t}{t_{pl}}} = n. \quad (7)$$

Из формулы (7) следует, что в эпоху термоядерных реакций количество фотонов N_{ε} есть переменная во времени t величина. Решение интеграла (7) возможно при добавлении

аргумента $\frac{t}{t_{pl}}$ в функцию \mathcal{N}_ε . В решении (7) переменная n изменяется в пределах $n_{pl} = 0 \leq n \leq n_0 = const$. Очевидно, что эксперимент на планковских масштабах и далее для подтверждения формул (4) и (7) не представляется возможным, но, пожалуй, связка (4) – (7) представляет интерес.

Легко заметить, что для простейшей сферической модели Вселенной радиусом R (для времен $t > t_0$) из закономерностей (3) следует простая и красивая формула $RT = \mathcal{N}_{\varepsilon 0}^{1/3} L_{pl} T_{pl} = const$. Известны аналогичные найденному решения, которые получены иными методами:

- отвечающая случаю отсутствия обмена энергией между газом реликтовых фотонов и окружающей их внешней средой, закономерность $RT = const$ Гамов учитывает [22] при теоретическом предсказании числового значения температуры остаточного фотонного излучения $T_n = 7\text{ K}$;
- для Вселенной, заполненной фотонами, (при условии постоянства энтропии, что равносильно $\mathcal{N}_\varepsilon = const$) Паули в 1958 году выходит [14, с. 416] на решение $u_\varepsilon R^4 = const$, но не уделяет ему должного внимания.

Как видим, закон Стефана – Больцмана в форме (2) является дополнительным подтверждением изначально укрепленной числами идеи Гамова о расширении Вселенной с охлаждением. Интегралы (1) и (5) родственны. Если решение двойного интеграла Планка ориентировано к «тонкой настройке» и внутренней упорядоченности в формируемом в эпоху Планка весьма радиоактивном, мизерном сгустке материи, то решение интеграла Планка – Бора говорит нам о реальной изменчивости численности группировки (ныне реликтовых) фотонов во времена «горячей» эпохи термоядерных реакций. Ранние термоядерные реакции (при активном участии внешней космической среды) ответственны за рост численности движущихся в пространстве и времени массивов элементарных частиц, следовательно, и за рост массы Вселенной. Модели, построенные в согласии с законами физики, уже долгие годы служат заметными указателями на ландшафте физической теории, по ним отмечены пути поиска ответов на многие загадки окружающей нас природы. Необходимо и далее, анализируя и корректируя процесс поиска, идти на результат.

1. Бедняков В.А., Наумов Д.В., Смирнов О.Ю. Физика нейтрино и ОИЯИ // Успехи физических наук. 2016. Т. 186. № 3. С. 233 – 263.
2. Бор Н. Введение // Н. Бор, Р. Крониг, В. Паули и др. Теоретическая физика 20 века / пер. с нем. и англ. М.: Изд - во ИЛ. 1962. С. 11 – 14.
3. Ван дер Варден Б. Принцип запрета и спин // Н. Бор, Р. Крониг, В. Паули и др. Теоретическая физика 20 века / пер. с нем. и англ. М.: Изд - во ИЛ. 1962. С. 231 – 284.
4. Вайнберг С. Космология / пер. с англ. М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2013. - 608 с.
5. Вайнберг С. Первые три минуты: Современный взгляд на происхождение Вселенной / пер. с англ. М.: Энергоиздат. 1981. - 208 с.
6. Дирак П. Космология и гравитационная постоянная // П. Дирак. Воспоминания о необычной эпохе: сб. статей / пер. с англ. М.: Наука. 1990. С. 178 – 188.
7. Зельдович Я.Б. «Горячая» модель Вселенной // Я.Б. Зельдович. Избранные труды. Частицы, ядра, Вселенная. М.: Наука. 1985. С.237 – 244.
8. Кошман В.С. Алгоритм и результат поиска уравнений космологической эволюции нашей Вселенной // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 86 – 8. С. 113 – 119.
9. Кошман В.С. Принцип наименьшего действия, рождение частиц и расширение Вселенной с охлаждением // Наукосфера.2022. № 12 (2). С. 163 – 168.
10. Крониг Р. Переломные годы // Н. Бор, Р. Крониг, В. Паули и др. Теоретическая физика 20 века / пер. с нем. и англ. М.: Изд - во ИЛ. 1962. С. 15 – 52.
11. Новиков И.Д. Инфляционная модель ранней Вселенной // Вестник Российской академии наук. 2001. Т. 71. № 10. С. 886 – 895.
12. Окунь Л.Б. Основные понятия и законы физики и свойства элементарных частиц материи // Л.Б. Окунь. О движении материи. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2012. С. 120 – 155.
13. Очиров Д. Д – Э. Методологическая физика: учебное пособие. Улан – Уде: Изд - во ВСГТУ. 2004. – 346 с.

14. Паули В. Космологические проблемы // Н. Бор, Р. Крониг, В. Паули и др. Теоретическая физика 20 века / пер. с нем. и англ. М.: Изд - во ИЛ. 1962. С. 413 – 318.
15. Петров В.М. Мифы в современной физике. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2012. - 224 с.
16. Планк М. Законы теплового излучения и гипотеза элементарного кванта действия / М. Планк. Избранные труды. М.: Наука. 1975. С. 282 - 310.
17. Планк М. О необратимых процессах излучения // Планк М. Избранные труды. М.: Наука. 1975. С. 191 – 233.
18. Рузавин Г.И. Концепции современного естествознания: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ. 2000. – 287 с.
19. Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. М.: Едиториал УРСС. 2002. – 240 с.
20. Сафаров Р.Х. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие. Казань: РИЦ «Школа». 2008. – 208 с.
21. Смут Дж. Сигналы от начала времен // С. Хокинг, К. Торн, Б. Грин и др. Вселенная. Емкие ответы на непостижимые вопросы / пер. с англ. М.: АСТ. 2022. С. 135 – 156.
22. Чернин А.Д. Как Гамов вычислил температуру реликтового излучения, или немного об искусстве теоретической физики // Успехи физических наук. 1994. Т. 264. № 8. С. 889 – 896.
23. Нобелевка 2019 - такая странная премия [Электронный ресурс]. URL: <https://naked-science.ru/article/nakedscience/nobelevka-2019-takaya-strannaya-premiya> (дата доступа 24.10.2023).

РАЗДЕЛ XXIV. МАТЕМАТИКА

Гасымова А.Р.

Функции Римана компактных уравнений. Обратная задача теории рассеяния для одного класса потенциалов уравнения Штурма-Лиувилля

Гянджинский Государственный Университет
(Россия, Гянджа)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-437

Аннотация

В работе рассматривается некоторый класс линейных дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка гиперболического типа для функций от двух переменных. Эти уравнения приводятся к виду, не содержащему первых производных, который принято называть компактным. [1]. Кроме того, дается решение прямой и обратной задачи теории рассеяния для оператора, порожденного дифференциальным выражением и граничным условием. Такой оператор описывает влияние потенциала электрического поля и его называют оператором Штарка.

Ключевые слова: равенство Парсеваля, оператор преобразования, ядро, функция Римана.

Abstract

The paper considers a certain class of linear second-order partial differential equations of hyperbolic type for functions of two variables. These equations are reduced to a form that does not contain first derivatives, which is usually called compact. [1]. In addition, a solution is given to the direct and inverse problems of scattering theory for the operator generated by the differential expression and the boundary condition. Such an operator describes the influence of the electric field potential and is called the Stark operator [2].

Keywords: perceval’s equality, transformation operator, kernel, Riemann function.

Рассмотрим дифференциальным выражение с граничным условием в $L_2(0, \infty)$:

$$l(y) \equiv -y'' - [(x + \lambda)^\alpha - p(x)]y, \quad y(0) = 0, \quad 0 < \alpha \leq 2$$

Предполагаем, что $p(x)$ - вещественная и непрерывно дифференцируемая на $[0, \infty)$ функция, которая дополнительно удовлетворяет условию

$$\int_0^\infty (1 + x^4)|p(x)|dx < \infty \tag{1}$$

Равенство Парсеваля при $p(x) \equiv 0$. В случае $p(x) = 0$ можно показать, что функция которая при $\text{Im } \lambda > 0$ принадлежит $L_2(0, \infty)$

$$\Phi_0(x, \lambda) = \sqrt{x + \lambda} H_{\frac{1}{\alpha+2}}^{(1)} \left\{ \frac{2}{\alpha+2} (x + \lambda)^{\frac{\alpha+1}{2}} \right\} \tag{2}$$

является решением уравнения

$$y'' + (x + \lambda)^\alpha y = 0 \tag{3}$$

Заметим, что

$$H_{\frac{1}{3}}^{(1)}(X) = J_{\frac{1}{3}}(X) + iY_{\frac{1}{3}}(X)$$

и функции

$$\theta_1 = \sqrt{x+\lambda} J_{\frac{1}{3}} \left\{ \frac{2}{3} (x+\lambda)^{\frac{\alpha+1}{2}} \right\}$$

$$\theta_2 = \sqrt{x+\lambda} Y_{\frac{1}{3}} \left\{ \frac{2}{3} (x+\lambda)^{\frac{\alpha+1}{2}} \right\}$$

являются решениями уравнения (3).

Вычислим их вронскиан, введя обозначения

$$X = \frac{2}{3} (x+\lambda)^{\frac{3}{2}}, \quad T = \frac{2}{3} (t+\lambda)^{\frac{3}{2}}.$$

$$W[\theta_1(x,\lambda); \theta_2(x,\lambda)] = \theta_1(x,\lambda)\theta_2'(x,\lambda) - \theta_1'(x,\lambda)\theta_2(x,\lambda) =$$

$$= \left\{ (x+\lambda)^{\frac{1}{2}} J_{\frac{1}{3}}(X_1) \cdot (x+\lambda)^{\frac{1}{2}} Y_{\frac{1}{3}}'(X_1) - \left((x+\lambda)^{\frac{1}{2}} J_{\frac{1}{3}}'(X_1) \right) \cdot \left((x+\lambda)^{\frac{1}{2}} Y_{\frac{1}{3}}(X_1) \right) \right\} =$$

$$= \left\{ (x+\lambda)^{\frac{1}{2}} J_{\frac{1}{3}}(X_1) \left[\frac{1}{2} (x+\lambda)^{-\frac{1}{2}} Y_{\frac{1}{3}}(X_1) + (x+\lambda)^{\frac{1}{2}} Y_{\frac{1}{3}}(X_1) \cdot X_1' \right] \right\} =$$

$$= \left[\frac{1}{2} (x+\lambda)^{-\frac{1}{2}} J_{\frac{1}{3}}(X_1) + (x+\lambda)^{\frac{1}{2}} J_{\frac{1}{3}}(X_1) \cdot X_1' \right] \frac{1}{2} (x+\lambda)^{\frac{1}{2}} Y_{\frac{1}{3}}(X_1) =$$

$$= \left\{ (x+\lambda) X_1' \left[J_{\frac{1}{3}}(X_1) \cdot Y_{\frac{1}{3}}(X_1) - J_{\frac{1}{3}}'(X_1) \cdot Y_{\frac{1}{3}}(X_1) \right] \right\} =$$

$$= (x+\lambda)^{\frac{1}{2}} X_1'(x) W \left[J_{\frac{1}{3}}(X_1); Y_{\frac{1}{3}}(X_1) \right]_{x=0} = \left\{ (x+\lambda)(x+\lambda)^{\frac{3}{2}-1} \right\} \times$$

$$\times W \left[J_{\frac{1}{3}}(X_1); Y_{\frac{1}{3}}(X_1) \right]_{x=0} = \left\{ (x+\lambda)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{2}{\pi(x+\lambda)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{3}{2}} \right\}_{x=0} = \frac{3}{4\pi}.$$

$$W[\theta_1; \theta_2] = \frac{3}{4\pi}. \quad W[J_\nu(z); Y_\nu(z)] = \frac{2}{\pi z}.$$

Следовательно, Здесь мы учитываем, что

Пусть $\varphi_0(x,\lambda)$, $\theta_0(x,\lambda)$ решения того же уравнения с начальными условиями

$$\varphi_0(0,\lambda) = 0, \quad \varphi_0'(0,\lambda) = 1$$

$$\theta_0(0,\lambda) = 1, \quad \theta_0'(0,\lambda) = 0.$$

Функция

$$\Phi_0^+(x+\lambda) = \theta_0(x,\lambda) + m_0(\lambda)\varphi_0(x,\lambda)$$

$$\sqrt{x+\lambda} H_{\frac{1}{3}}^{(1)}(X)$$

[3] может отличаться от $\frac{1}{3}$ лишь постоянным множителем

$$\Phi_0^+(x+\lambda) = c \sqrt{x+\lambda} H_{\frac{1}{\alpha+2}}^{(1)} \left\{ \frac{2}{3} (x+\lambda)^{\frac{\alpha+1}{2}} \right\}$$

Отсюда

$$m_0(\lambda) = - \frac{\Phi_0^{+'}(0,\lambda)}{\Phi_0^+(0,\lambda)}.$$

Тогда имеет место равенство Парсеваля [2]:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi_0(x,\lambda)\varphi_0(t,\lambda)K_0(\lambda)d\lambda = \delta(x-t), \quad (4)$$

где

$$K_0(\lambda) = -\frac{1}{2i} \frac{W_0[\Phi_0^+(x, \lambda); \overline{\Phi_0^+(x, \lambda)}]_{x=0}}{|\Phi_0^+(0, \lambda)|} = \frac{3}{\pi\lambda \left[J_{\frac{1}{3}}(Z) + Y_{\frac{1}{3}}(Z) \right]}, \quad (\lambda > 0)$$

$$K_0(\lambda) = \frac{3}{\pi\lambda \left[H_{\frac{1}{\alpha+2}}^{(1)} \left(\frac{2}{3} \lambda^{\frac{\alpha+1}{2}} \right) \right]} \quad (5)$$

Оператор преобразования с условием на бесконечности. Приведем условия существования оператора преобразования [4].

Теорема 1. Пусть выполняется условие (1). Тогда при любом $\lambda: \text{Im } \lambda > 0$ уравнение $l(y) = \lambda y$ имеет решение $\Phi(x, \lambda)$, удовлетворяющее условию

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \Phi_0^+(x, \lambda) [\Phi_0^+(x, \lambda)]^{-1} = 1$$

и представимое в виде

$$\Phi(x, \lambda) = \Phi_0(x, \lambda) + \int_x^{+\infty} K(x, t) \Phi_0(t, \lambda) dt \quad (6)$$

где ядро $K_0(x, t)$ является решением задачи

$$\frac{\partial^2 K}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 K}{\partial t^2} + \left[(x + \lambda)^\alpha - (t + \lambda)^\alpha \right] = K(x, t) p(x) \quad (7)$$

$$K(x, x) = \frac{1}{2} \int_x^\infty p(\alpha) d\alpha \quad (8)$$

$$K(x, t) = 0, \quad \lim_{x+t \rightarrow +\infty} K(x, t) = \lim_{x+t \rightarrow +\infty} \frac{\partial K(x, t)}{\partial t} = 0, \quad (x > t) \quad (9)$$

Причем для ядра $K(x, t)$ справедливы следующие оценки

$$|K(x, t)| \leq \frac{1}{2} \rho_0 \left(\frac{x+t}{2} \right) \exp \left[\rho_1 \left(\frac{x+t}{2} \right) \right], \quad (10)$$

$$\left| \frac{\partial K(x_1, x_2)}{\partial x_i} + \frac{1}{2} p \left(\frac{x_1 + x_2}{2} \right) \right| \leq \rho_4 \left(\frac{x_1 + x_2}{2} \right) \exp \left[\rho_1 \left(\frac{x_1 + x_2}{2} \right) \right], \quad (i=1, 2, \dots) \quad (11)$$

$$\rho_j(x) = \int_x^\infty (1 + \alpha^j) |p(\alpha)| d\alpha, \quad (j = \overline{0, 4})$$

где

Для доказательства теоремы надо исследовать задачу (8), (9), (10), используя функцию Римана уравнения (7) при $p(x) = 0$, которая строится методом работы [5]. Чтобы привести уравнение (7)

$$\frac{\partial^2 K}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 K}{\partial t^2} + \left[(x + \lambda)^\alpha - (t + \lambda)^\alpha \right] = K(x, t) p(x)$$

к каноническому виду, надо составить уравнение характеристик [4]

$$\frac{1}{4} (dt^2 - dx^2) = 0 \quad (12)$$

Это уравнение допускает два различных интеграла

$$\frac{t-x}{2} = c_1, \quad \frac{t+x}{2} = c_2$$

Следовательно, надо ввести новые переменные ξ, η по формулам

$$\frac{t+x}{2} = \xi, \quad \frac{t-x}{2} = \eta \quad (13)$$

В результате получим следующее уравнение

$$\frac{\partial^2 U}{\partial \xi \partial \eta} + \eta U(\xi, \eta) = 0 \quad (14)$$

Уравнение (14) есть канонический и компактный вид уравнения (7) ($x = \xi - \eta, t = \xi + \eta, x - t = 2\eta$).

Разложение по собственным функциям оператора.

Теорема 2. Пусть $\varphi_0(x, \lambda)$ решение уравнения $l(y) = \lambda y$ с начальными условиями $\varphi(0, \lambda) = 0, \varphi'(0, \lambda) = 1$ и выполняются условия т.1. Тогда имеет место равенство Парсеваля.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(x, \lambda) \varphi(t, \lambda) \frac{k_0(\lambda) |\psi_0(0, \lambda)|^2}{\eta(\lambda) \eta_1(\lambda)} d\lambda = \delta(x-t), \quad (15)$$

где $\eta_1(\lambda) = \psi(0, \lambda) \psi_0^{-1}(0, \lambda)$

Полагая

$$U(x, \lambda) = \varphi(x, \lambda) \eta^{-1}(\lambda), \quad \lambda \in (-\infty, +\infty) \quad (16)$$

замечаем, что функция $U(x, \lambda), \lambda \in (-\infty, +\infty)$ является «обобщенной» нормированной собственной функцией непрерывного спектра оператора L. Поэтому полагая

$$S(\lambda) = \frac{\overline{\eta_1(\lambda)}}{\eta_1(\lambda)} \quad (17)$$

находим, что при всех вещественных значениях λ имеет место

$$U(x, \lambda) = U_0(x, \lambda) + \int_x^{\infty} K(x, t) U_0(t, \lambda) dt \quad (18)$$

$$U_0(x, \lambda) = \psi_0(x, \lambda) \overline{\psi_0(0, \lambda)} S(\lambda) - \overline{\psi_0(x, \lambda)} \psi_0(0, \lambda) \quad (19)$$

Из этой формулы вытекает, что асимптотика при $x \rightarrow \infty$ функции $U(x, \lambda)$ полностью определяется $S(\lambda)$. Эту функцию назовем функцией рассеяния оператора L. Можно доказать, что

а) Функция рассеяния $S(\lambda)$ определена на всей вещественной оси, унитарна $\overline{S(\lambda)} = S^{-1}(\lambda)$ и $|\psi_0(0, \lambda)|^2 [S(\lambda) - 1]$ принадлежит $L_2[(-\infty, +\infty); K_0(\lambda)]$

б) Интегральное уравнение

$$\int_{-\infty}^{+\infty} V(\lambda) U_0(x, \lambda) K_0(\lambda) d\lambda = 0, \quad x \in [0, \infty), \quad (20)$$

имеет единственное нулевое решение из $L_2[-\infty, +\infty; K_0(\lambda)]$

1. Ф.С.Чуриков Изв. АН СССР. ОТН. №3, 1958
2. А.П.Качалов Я.В.Курылев. Метод операторов преобразования в обратной задаче. Одномерный Штарк-эффект Записки научных семинаров ЛОМИ, том 179, стр. 173
3. Э.У.Титчмарш. Разложения по собственным функциям, связанные с дифференциальными уравнениями II-го порядка т. I 1960
4. Б.М.Левитан Обратные задачи Штурма - Лиувилля. Наука 1984
5. Н.С.Кошляков и другие. Уравнения в частных производных математической физики. «Высшая школа» 1970.

Юнусов А.Р., Кремлева Э.Ш.

Дискретная математика в информационных системах и технологиях

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-438

Аннотация

Данная статья посвящена изучению основных понятий и методов дискретной математики и их применению в информационных системах и технологиях. В статье рассмотрены основные темы дискретной математики: кодирование и криптография, графы, бинарные отношения и функции, логика и высказывания.

Ключевые слова: применение дискретной математики, информационные системы, информационные технологии, программирование.

Abstract

This article is devoted to the study of the basic concepts and methods of discrete mathematics and their application in information systems and technologies. The article deals with the main topics of discrete mathematics: coding and cryptography, graphs, binary relations and functions, logic and statements.

Keywords: application of discrete mathematics, information systems, information technologies, programming.

Основные разделы статьи:

- Введение
- Кодирование и криптография
- Графы
- Бинарные отношения и функции
- Логика и высказывания
- Заключение

Введение

Дискретная математика - это область математики, изучающая объекты, которые могут принимать только уникальные отдельные значения. Она занимается изучением дискретных объектов, таких как числа, символы и графы, и разработкой алгоритмов и структур данных для их обработки. Дискретная математика является важной областью математики, которая находит применение в информационных системах и технологиях, например, криптография, кодирование, алгоритмы, базы данных, искусственный интеллект и др.

В этой статье мы рассмотрим некоторые основные понятия и методы дискретной математики, которые используются в информационных системах и технологиях.

Кодирование и криптография

Криптография - это наука о методах обеспечения конфиденциальности, целостности и аутентификации данных с помощью шифрования и дешифрования. Термин происходит от древнегреческих слов *kryptós* - скрытый и *graphein* - писать. Криптография является одной из старейших наук, ее история насчитывает несколько тысяч лет.

Криптография используется в информационных системах и технологиях для защиты различных видов данных от несанкционированного доступа, подделки, кражи или утечки. Например:

- Аутентификация - это процесс проверки подлинности информации или личности отправителя, или получателя данных. Аутентификация может осуществляться с помощью паролей, цифровых подписей, биометрических данных и др.

- Безопасное соединение между сервером и браузером - это процесс установления защищенного канала передачи данных в интернете. Безопасное соединение обеспечивается с помощью протоколов SSL/TLS, которые используют симметричное и асимметричное шифрование для шифрования и дешифрования данных.
- Шифрование жестких дисков - это процесс защиты данных, хранящихся на физических носителях информации. Шифрование жестких дисков позволяет предотвратить доступ к данным в случае кражи или потери носителя.
- Сквозное шифрование (end-to-end encryption) - это процесс защиты данных, передаваемых между двумя устройствами. Сквозное шифрование обеспечивает, что данные могут быть расшифрованы только отправителем и получателем, а не третьими сторонами, такими как посредники или провайдеры услуг.
- Электронные деньги - это вид цифровой валюты, которая использует криптографию для обеспечения безопасности транзакций. Электронные деньги могут быть основаны на централизованных или децентрализованных системах управления.
- Криптовалюты - это вид децентрализованных электронных денег, которые используют криптографию для обеспечения безопасности транзакций и создания новых единиц валюты. Криптовалюты основаны на технологии блокчейна, которая представляет собой распределенную базу данных, содержащую записи о всех транзакциях в сети.

Графы

Граф - это математическая абстракция реальной системы любой природы, объекты которой обладают парными связями. Граф как математический объект состоит из двух множеств: множества вершин и множества ребер. Вершина - это элемент графа, который может представлять собой любой объект, например, город, человека, компьютер и т.д. Ребро - это пара вершин, которая показывает наличие связи между ними, например, дорога, знакомство, кабель и т.д.

Графы широко используются в информационных системах и технологиях для моделирования и анализа различных видов данных и процессов. Например:

- Социальные сети - это графы, в которых вершины представляют пользователей, а ребра - дружеские связи или сообщения между ними. С помощью графов можно изучать структуру и динамику социальных сетей, а также решать задачи рекомендации контента, поиска сообществ, распространения информации и др.
- Интернет - это граф, в котором вершины представляют веб-страницы или домены, а ребра - гиперссылки или связи между серверами. С помощью графов можно анализировать структуру и свойства интернета, а также решать задачи поиска и ранжирования веб-страниц, определения авторитетности и популярности сайтов, обнаружения спама и др.
- Транспортные сети - это графы, в которых вершины представляют пункты отправления или назначения (города, аэропорты, станции и т.д.), а ребра - маршруты или рейсы между ними. С помощью графов можно оптимизировать транспортные сети, а также решать задачи построения кратчайших или наиболее выгодных путей, распределения потоков пассажиров или грузов, управления движением и др.
- Электрические цепи - это графы, в которых вершины представляют узлы цепи (точки соединения элементов), а ребра - элементы цепи (резисторы, конденсаторы, источники напряжения и т.д.). С помощью графов можно моделировать и анализировать электрические цепи, а также решать задачи расчета напряжений и токов в узлах и элементах цепи, определения эквивалентной схемы цепи, поиска неисправностей в цепи и др.

Бинарные отношения и функции

Бинарное отношение - это множество, состоящее из пар элементов из двух множеств. Бинарное отношение можно представить в виде схемы, где элементы одного множества обозначаются точками или кружками, а элементы другого множества - квадратами или прямоугольниками, а пары элементов - линиями или дугами между ними.

Бинарные отношения используются в информационных системах и технологиях для моделирования различных типов данных, структур данных и алгоритмов. Например:

- Бинарное отношение эквивалентности - это отношение, которое рефлексивно, симметрично и транзитивно. Бинарное отношение эквивалентности позволяет разбить множество на классы эквивалентности, то есть подмножества элементов, которые связаны друг с другом этим отношением. Бинарное отношение эквивалентности используется для представления и сравнения различных объектов по некоторому признаку или свойству. Например, отношение равенства чисел, отношение сравнимости по модулю, отношение изоморфизма графов и др.
- Бинарное отношение порядка - это отношение, которое рефлексивно, антисимметрично и транзитивно. Бинарное отношение порядка позволяет упорядочить множество по некоторому критерию или правилу. Бинарное отношение порядка используется для организации и поиска данных в различных структурах данных, таких как списки, деревья, кучи и др., например, отношение меньше или равно для чисел, отношение включения для множеств, отношение предка для вершин дерева и др.
- Бинарное отношение функции - это отношение, которое корефлексивно и лево-единственно. Бинарное отношение функции позволяет сопоставить каждому элементу одного множества ровно один элемент другого множества. Бинарное отношение функции используется для описания зависимости одних данных от других по некоторому закону или правилу. Например, функция длины строки, функция хеш-кода объекта, функция вычисления значения выражения и др.

Логика и высказывания

Логика - это наука о законах и формах правильного мышления, а также о способах проверки истинности или ложности высказываний. Логика помогает анализировать, обосновывать и доказывать различные утверждения, а также строить и проверять алгоритмы и программы.

Высказывание - это предложение, выражающее суждение, которое может быть истинным или ложным. Высказывания являются основными элементами логики, из которых можно составлять более сложные выражения с помощью логических связей (отрицания, конъюнкции, дизъюнкции, импликации и др.).

Логика и высказывания играют важную роль в информационных системах и технологиях, так как позволяют моделировать, представлять и обрабатывать различные виды данных, знаний и информации. Например:

- Логика высказываний - это раздел логики, изучающий сложные высказывания, образованные из простых, и их взаимоотношения. Логика высказываний используется для анализа логической структуры сложных высказываний, а также для сжатия, коррекции ошибок и шифрования данных.
- Логика предикатов - это раздел логики, изучающий высказывания с переменными и кванторами (всеобщности и существования), которые позволяют выражать свойства и отношения между объектами. Логика предикатов используется для моделирования и решения задач из различных областей науки и техники, а также для построения баз знаний и систем искусственного интеллекта.

- Логика вычислимости - это раздел логики, изучающий понятие алгоритма и его свойства, а также различные модели вычислений. Логика вычислимости используется для определения возможностей и ограничений компьютеров и программ, а также для доказательства корректности и эффективности алгоритмов и программ.

Заключение

Дискретная математика - это раздел математики, который изучает конечные или счетные структуры и объекты, такие как множества, логика, алгоритмы, графы, коды и др. Дискретная математика имеет большое значение для информационных систем и технологий, так как она предоставляет теоретические основы и практические инструменты для анализа и решения различных задач в областях, таких как программирование, криптография, комбинаторика, теория игр, искусственный интеллект и др.

В данной работе мы рассмотрели основные понятия и методы дискретной математики, а также привели примеры их применения в информационных системах и технологиях.

1. Трудности в реализации программ международной академической мобильности глазами студентов. Российско-германский опыт решения проблем в условиях пандемии covid-19 Новикова С.В., Зайдуллин С.С., Валитова Н.Л., Кремлева Э.Ш. Интеграция образования. 2023. Т. 27. № 1 (110). С. 10-32.
2. Technology of multilevel interuniversity indicators as a factor for increasing academic mobility. Experience based on russian federal educational standards Snegurenko A.P., Zaydullin S.S., Novikova S.V., Valitova N.L., Kremleva E.S. Integration of Education. 2022. Т. 26. № 1 (106). С. 55-71.
3. Разработка концепции автоматического построения нечеткой модели для системы поддержки принятия решений с учетом качественной информации Кремлева Э.Ш. В сборнике: Химия и инженерная экология - ххi. Сборник трудов международной научной конференции (школа молодых ученых), посвященной 90-летию казанского национального исследовательского технического университета им. А.н. туполева - каи и 60-летию создания института автоматизации и электронного приборостроения книту-каи. Казань, 2021. С. 257-266.
4. Технология создания многоуровневых межвузовских индикаторов достижения профессиональных компетенций для повышения академической мобильности обучающихся Снегуренко А.П., Зайдуллин С.С., Новикова С.В., Валитова Н.Л., Кремлева Э.Ш. Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2021. Т. 17. № 1. С. 165-178.
5. Soft measurements of qualitative integral indicators for monitoring quantitative dataset Novikova S.V., Kremleva E.S., Valitova N.L., Snegurenko A.P. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. 23. Сер. "XXIII International Conference on Soft Computing and Measurement, SCM 2020" 2020. С. 012002.
6. Multi-level hybrid recommender decision support system with verbal output Novikova S.V., Tunakova Y.A., Kremleva E.S., Shagidullin A.R. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. 23. Сер. "XXIII International Conference on Soft Computing and Measurement, SCM 2020" 2020. С. 012012.
7. Повышение эффективности освоения практических компетенций студентами it-специальностей на основе кросс-предметных научных исследований Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Новикова К.Н., Кремлева Э.Ш. Образовательные технологии и общество. 2020. Т. 23. № 1. С. 101-114.
8. Перспективы применения технологии rwa для расширения e-learning систем на мобильные платформы Валитова Н.Л., Кремлева Э.Ш., Кашафудинов Р.К.
9. Образовательные технологии и общество. 2020. Т. 23. № 1. С. 115-124.
10. Автоматическая генерация рекомендуемых систем на основе качественной интерпретации мониторинговой информации Кремлева Э.Ш., Снегуренко А.П., Новикова С.В., Валитова Н.Л. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика. 2020. № 3. С. 50-67
11. Методология создания программно-методических комплексов дистанционного обучения с мультиязычной поддержкой преподавания для магистров с не-инженерным базовым образованием (на примере курса "методы оптимизации") Валитова Н.Л., Кремлева Э.Ш. Образовательные технологии и общество. 2019. Т. 22. № 1. С. 175-184.
12. Исследовательский подход к обучению студентов технических специальностей в связке бакалавриат-магистратура Кремлева Э.Ш., Валитова Н.Л., Новикова С.В., Гильманова И.Н., Харисов Р.Ф. Образовательные технологии и общество. 2019. Т. 22. № 4. С. 52-66.
13. Применение инструментов электронного обучения для международной академической мобильности неанглоговорящих студентов-математиков Снегуренко А.П., Сосновский С.А., Новикова С.В., Яхина Р.Р., Валитова Н.Л., Кремлева Э.Ш. Интеграция образования. 2019. Т. 23. № 1 (94). С. 8-22.

14. Метод классификации нетипизированных объектов на основе каскадного нейросетевого фильтра и конечного детерминированного автомата Кремлева Э.Ш. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика. 2019. № 1. С. 83-100.
 15. Кодирование мягких циклических данных при помощи псевдо-нечеткой меры Новикова С.В., Кремлева Э.Ш., Валитова Н.Л. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика. 2019. № 3. С. 90-101.
 16. Интегральная оценка состояния окружающей среды с вербальной интерпретацией Кремлева Э.Ш., Новикова С.В. В сборнике: Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Материалы докладов. 2018. С. 164-167.
 17. Разработка электронного образовательного ресурса в поддержку курса software and systems engineering на платформе blackboard для студентов германо-российского института новых технологий. Валитова Н.Л., Новикова С.В., Кремлева Э.Ш. Образовательные технологии и общество. 2018. Т. 21. № 1. С. 305-321.
 18. Применение и преимущества компьютерных программ-тьюторов в рамках компетентного подхода для обучения численным методам математики. Кремлева Э.Ш., Новикова С.В., Валитова Н.Л., Снегуренко А.П. Образовательные технологии и общество. 2018. Т. 21. № 1. С. 344-362.
 19. Программные средства поддержки самостоятельной работы студентов в рамках курса "компьютерное моделирование процессов и систем" для студентов технических вузов. Кремлева Э.Ш., Новикова С.В. Образовательные технологии и общество. 2018. Т. 21. № 1. С. 363-387.
 20. Современные e-learning системы обучения математике студентов естественно-научных направлений. Кремлева Э.Ш., Валитова Н.Л., Новикова С.В. Образовательные технологии и общество. 2018. Т. 21. № 3. С. 349-371.
 21. Алгоритм построения модели каскадной нейросетевой фильтрации данных с различной степенью детализации. Кремлева Э.Ш., Кирпичников А.П., Новикова С.В., Валитова Н.Л. Вестник Технологического университета. 2018. Т. 21. № 8. С. 109-115.
 22. Реализация интерактивного дистанционного курса "дискретная математика" в интеллектуальной e-learning системе "mathbridge". Новикова С.В., Сосновский С.А., Валитова Н.Л., Кремлева Э.Ш. Образовательные технологии и общество. 2017. Т. 20. № 1. С. 350-365.
 23. Использование интерактивных формул и выражений в динамических тест-объектах e-learning системы mathbridge. Кремлева Э.Ш., Новикова С.В. Образовательные технологии и общество. 2017. Т. 20. № 1. С. 366-380.
 24. The specific aspects of designing computer-based tutors for future engineers in numerical methods studying. Novikova S.V., Sosnovsky S.A., Yakhina R.R., Valitova N.L., Kremleva E.Sh. Integration of Education. 2017. Т. 21. № 2 (87). С. 322-343.
 25. Качественная интерпретация оценки состояния окружающей среды на основе подхода мамдани. Кремлева Э.Ш., Новикова С.В. В сборнике: Химия и инженерная экология. XVI международная научная конференция, посвященная 15-летию реализации принципов Хартии Земли в Республике Татарстан. 2016. С. 374-377.
 26. Особенности создания учебных объектов в интеллектуальной системе обучения математике math-bridge. Новикова С.В., Валитова Н.Л., Кремлева Э.Ш. Образовательные технологии и общество. 2016. Т. 19. № 3. С. 451-462.
 27. Модель нейросетевого распознавания состояния окружающей среды на основе рекуррентных бинарных сетей. Новикова С.В., Кремлева Э.Ш. В сборнике: логистика и экономика ресурсоэнергосбережения в промышленности (мнпк "лэрэп-8-2014"). Сборник научных трудов по материалам VIII Международной научно-практической конференции. 2014. С. 313-315.
 28. Нейросетевые подходы к поиску латентных связей в многомерных данных. Новикова С.В., Ибяттов Р.И., Валиев А.А., Кремлева Э.Ш. Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. 2014. № 6 (65). С. 128-131.
 29. Методы математической статистики в педагогическом эксперименте. Белашова Е.С., Кремлева Э.Ш. Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2010. № 1 (4). С. 124-126
-

РАЗДЕЛ XXV. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Арчекова А.А.

Улучшение надежности и эффективности газовых сетей среднего давления через аналитику

Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-439

Аннотация

Исследование фокусируется на анализе параметров, влияющих на эффективность и надежность сети, а также на оптимизации ее работы. В статье рассматриваются ключевые аспекты гидравлического расчета, предлагаются методы анализа данных и принятия решений для обеспечения стабильного функционирования газоснабжающей сети.

Ключевые слова: гидравлический расчет, кольцевая газоснабжающая сеть, среднее давление, информационно-аналитический анализ, оптимизация сети.

Abstract

The research focuses on the analysis of parameters affecting the efficiency and reliability of the network, as well as on optimizing its operation. The article discusses the key aspects of hydraulic calculation, suggests methods of data analysis and decision-making to ensure the stable functioning of the gas supply network.

Keywords: hydraulic calculation, ring gas supply network, average pressure, information and analytical analysis, network optimization.

Газоснабжающие сети среднего давления представляют собой сложные инфраструктурные системы, предназначенные для транспортировки природного газа от производителей к потребителям. Основной задачей гидравлического расчета таких сетей является обеспечение стабильного и безопасного потока газа, а также оптимизация параметров сети для минимизации потерь и обеспечения устойчивого давления.

Гидравлический расчет газоснабжения - это сложный процесс, включающий в себя анализ множества параметров, таких как давление, расход, температура, диаметры трубопроводов и другие. Этот расчет выполняется с целью определить оптимальные параметры сети и учесть разнообразные факторы, влияющие на работу системы.

Кольцевая газоснабжающая сеть представляет собой сеть, в которой магистральные газопроводы соединены в форме кольца. Этот дизайн имеет некоторые преимущества, такие как возможность переключения потока газа в случае аварийной ситуации или ремонта участка сети. Однако он также создает дополнительные сложности при гидравлическом расчете.

Современные технологии позволяют проводить гидравлический расчет газоснабжающих сетей среднего давления с использованием информационно-аналитических систем. Эти системы позволяют инженерам и аналитикам эффективно анализировать большие объемы данных, учитывая различные параметры и условия.

Информационно-аналитический анализ гидравлического расчета кольцевой газоснабжающей сети среднего давления играет важную роль в обеспечении надежной и эффективной работы газоснабжения. Современные технологии и методы анализа данных позволяют инженерам и аналитикам более точно прогнозировать и оптимизировать работу сети, что способствует обеспечению постоянного и стабильного газоснабжения потребителей.

Газоснабжение среднего давления играет решающую роль в обеспечении энергетических потребностей населения и промышленности. Эффективное управление и

обслуживание газоснабжающих сетей среднего давления требует точного гидравлического расчета и постоянного мониторинга.

Эксплуатация газоснабжающих сетей представляет собой сложное управление техническими системами, которые часто подвергаются воздействию неконтролируемых случайных факторов. Одними из таких факторов являются несанкционированный отбор газа и утечки, вызванные различными аварийными ситуациями.

На этапе исследования функционирования газоснабжающей сети, анализ гидравлического расчета имеет высший приоритет. Следует учитывать, что газоснабжающие сети среднего давления представляют собой верхний уровень системы газоснабжения и могут иметь конфигурацию как кольцевых, так и разветвленных сетей в зависимости от технических требований.

Основные параметры, необходимые для проведения гидравлического расчета среднего давления газоснабжающей сети, включают в себя схему сети, расчетные расходы газа для всех потребителей и перепад давления в сети. Для определения диаметров участков и потерь давления на них используют расчетный расход газа и удельную потерю давления на определенном участке кольцевой сети. Для учета потерь давления в местных сопротивлениях рекомендуется увеличивать действительную длину газоснабжающей сети на 10%. Расчет кольцевой газоснабжающей сети выполняется последовательно:

1. Создается расчетная схема трубопроводной сети, где нумеруются участки, указываются их расчетные длины и расчетные расходы газа для потребителей.
2. Производится предварительный расчет диаметра кольца по приближенным зависимостям.
3. Учитываются потери давления, и диаметр кольца может быть принят постоянным. Если это не возможно, то участки, противоположные точке питания, могут иметь меньший диаметр, но не менее 0,7-0,8 диаметра головного участка.

Важно отметить, что гидравлический расчет кольцевых газоснабжающих сетей должен быть выполнен с учетом давлений газа в узловых точках расчетных колец при максимальном использовании допустимой потери давления газа, с допустимой несоответствием потерь давления в кольце до 10%.

При проведении гидравлического расчета газоснабжающих сетей, как надземных, так и внутренних газопроводов, учитывается степень шума, вызываемая движением газа. Одним из важных факторов, которые также учитываются, является скорость движения газа в газопроводе. Рекомендуется следующие скорости для разных категорий газопроводов: не более 7 м/с для газопроводов низкого давления, 15 м/с для газопроводов среднего давления, и 26 м/с для газопроводов высокого давления.

Сумма всех длин участков сети составляет 4447 м. Далее, для определения диаметра кольца используется расчетный расход газа (V_p) и удельное падение квадрата давления (R). Потери давления на местных сопротивлениях учитываются в размере 10% от линейных потерь.

При расчете кольцевых сетей также учитывается резерв давления, необходимый для повышения пропускной способности системы газоснабжения в случае аварийных ситуаций. Резерв должен быть оценен при наиболее неблагоприятных аварийных сценариях, которые могут возникнуть при выключении головных участков сети. Коэффициент обеспеченности ($K_{об}$) зависит от категории потребителей.

Расчетный перепад давления (ΔP_p) используется для преодоления сил трения и местных сопротивлений при движении газа по трубопроводам. Результаты расчетов представлены в интерфейсе программы гидравлического расчета кольцевой газоснабжающей сети среднего давления.

Информационно-аналитическая модель гидравлического расчета полностью соответствует и выполнению расчетов для сетей низкого давления. Работы выполняются последовательно, включая создание схемы сетей, измерение длин участков, нумерацию

узловых точек и контуров. Вспомогательные направления потоков газа также планируются для обеспечения эффективного движения газа от ГРП.

Далее важно отметить, что при проведении гидравлического расчета кольцевых газоснабжающих сетей среднего давления также учитываются следующие этапы и аспекты:

1. Создание расчетной схемы: Первым шагом является разработка схемы газовых сетей низкого давления. Эта схема включает в себя расчетные участки, их длины и точки пересечения участков или границы участка.
2. Измерение длин участков: Для точного расчета необходимо измерить длины каждого участка газовой сети. Участки - это отрезки газовой сети, по которым не меняется расход газа и диаметр.
3. Нумерация узловых точек и контуров: Для удобства идентификации и расчетов все узловые точки, где происходит пересечение участков, нумеруются. Контуры, как кольца и полукольца газовой сети, также нумеруются.
4. Направление потоков газа: Затем определяется начальное распределение потоков газа в сети. Основные транзитные потоки газа направляются по главным замкнутым контурам. Точки питания (ГРП - газораспределительные пункты) выбираются так, чтобы потоки газа двигались к потребителям кратчайшим путем.
5. Обеспечение равноплечих колец: Важно следить за тем, чтобы кольца были равноплечими. Это означает, что потоки газа должны быть сбалансированы внутри кольцевой сети.
6. Учет резерва давления: При расчете кольцевых сетей необходимо учесть резерв давления, который может потребоваться для увеличения пропускной способности системы в случае аварийных ситуаций. Резерв оценивается с учетом наиболее неблагоприятных сценариев аварий.
7. Коэффициент обеспеченности (Коб): Этот коэффициент зависит от категории потребителей и используется для оценки допустимой несоответственности потерь давления в кольце.

Гидравлический расчет кольцевых газоснабжающих сетей среднего давления важен для обеспечения надежного и эффективного функционирования системы газоснабжения. Этот процесс требует точности и внимательности на всех этапах, чтобы гарантировать правильное распределение газа и обеспечение потребителей в условиях различных режимов работы и аварийных ситуаций.

1. Баясанов Д.Б. Системы газоснабжения. –М: Стройиздат, 2007. 404 с.
2. Комина, Г. П., Прошутинский, А. О. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов. СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 148с.

Комиссарова С.А.

Производительность и устойчивость: оценка разработки прилегающих отложений

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-440

Аннотация

В работе рассматриваются методы анализа производственных данных и инженерных расчетов для определения результативности процессов добычи. Исследование позволяет выявить ключевые факторы, влияющие на эффективность разработки оторочек, а также предоставляет основу для принятия решений по оптимизации процессов добычи.

Ключевые слова: нефтегазоконденсатные пласты, добыча, технологическая разработка, эффективность, инженерные расчеты.

Abstract

The paper discusses methods for analyzing production data and engineering calculations to determine the effectiveness of mining processes. The study allows us to identify the key factors affecting the efficiency of fringe development, and also provides a basis for making decisions on optimizing mining processes.

Keywords: oil and gas condensate formations, production, technological development, efficiency, engineering calculations.

Нефтяные оторочки, также известные как прилегающие отложения или соседние пласты, представляют собой сложную геологическую структуру, которая может оказать существенное влияние на добычу нефти и природного газа из нефтегазоконденсатных пластов. Оценка эффективности разработки этих оторочек является критически важным процессом для оптимизации производства и максимизации прибыли в нефтегазодобывающей промышленности. Прежде чем приступить к оценке эффективности разработки оторочек, необходимо разработать детальную геологическую модель и определить характеристики пласта. Это включает в себя определение его геометрии, пористости, проницаемости, наличия трещин и свойств флюидов. Эти параметры будут служить основой для последующих расчетов и анализов. Используя геологическую модель, инженеры и геологи разрабатывают численные модели для симуляции процессов разработки пласта. Эти модели учитывают множество факторов, включая распределение давления, потока флюидов, инфильтрацию и эффективность системы дренажа. Моделирование позволяет прогнозировать динамику добычи и оценить, как оторочки могут повлиять на этот процесс.

Важным этапом в оценке эффективности разработки оторочек является мониторинг производственных данных в реальном времени. Это включает в себя сбор информации о давлении, дебите, качестве продукции и других параметрах. Собранные данные сравниваются с результатами численного моделирования для оценки того, насколько точными оказались расчеты. На основе данных и результатов моделирования можно принимать решения о том, как оптимизировать стратегию разработки. Это может включать в себя решения о бурении дополнительных скважин, внесении изменений в систему внедрения химических реагентов или даже пересмотре геологической модели. Целью является максимизация добычи при минимизации затрат.

Важно помнить, что оценка эффективности разработки оторочек нефтегазоконденсатных пластов должна включать в себя также анализ экономических аспектов. Это включает в себя оценку затрат на разработку и поддержание скважин, а также прогнозирование доходов от продажи добытых углеводородов. Оценка эффективности разработки нефтяных оторочек нефтегазоконденсатных пластов - это сложный и многозадачный процесс, который требует тщательного анализа геологических данных, численного моделирования, мониторинга производства и принятия обоснованных решений. Эффективная оценка помогает не только оптимизировать производство и максимизировать прибыль, но также способствует более эффективному использованию природных ресурсов и сокращению негативного воздействия на окружающую среду.

Инженерные расчеты включают в себя определение объемов извлекаемых углеводородов, оценку эффективности методов воздействия на пласт и определение показателей производительности скважин. Добыча нефти из относительно маломощных нефтяных оторочек часто оказывается неэффективной и второстепенной задачей, что приводит к предпочтению разработки нефтегазоконденсатных месторождений только в качестве газоконденсатных. Это снижает возможность использования доступных углеводородных ресурсов, что в свете постоянного роста спроса на топливное сырье может стать стратегической ошибкой в развитии нефтегазовой индустрии. Осложняющим фактором является трудность

добычи нефти из оторочек, связанная с сложными гидродинамическими процессами двухфазных систем при добыче. Основным принципом разработки нефтегазоконденсатных залежей является избегание перемешивания нефтяной и газовой фаз, чтобы сохранить структуру оторочек. Однако при добыче только легких углеводородов и уменьшении объемов газа, происходит естественное падение давления, что приводит к миграции нефти в поровое пространство. Это ухудшает извлекаемость нефти и приводит к потере значительной части ресурсов.

Существует два подхода для решения данной проблемы: предварительная разработка нефтяных оторочек с сохранением газовой фазы и одновременная разработка нефтяных и газовых частей. В обоих случаях интенсивность добычи из газовой части будет выше, чем из нефтяной, и существуют дополнительные аспекты, усложняющие выбор оптимальной стратегии разработки.

Проблема рассматривается на примере месторождения на Ямале – пласта БТ7-8. Залежи в этом пласте имеют разную нефтенасыщенность и проницаемость. Начиная с 2012 года, была начата промышленная разработка пласта с консервацией газовой фазы. Однако пересчет запасов в 2015 году привел к изменению представлений о геологической структуре пласта и изменил стратегию разработки.

В данной ситуации рассматриваются четыре варианта разработки: размещение скважин в нефтяной части с системой поддержания давления, сохранение добывающего фонда с отказом от поддержания давления, избирательное размещение скважин с увеличением длины горизонтальных участков, и использование однорядной системы заводнения горизонтальными скважинами для южной части. Все варианты имеют свои преимущества и недостатки, и выбор оптимальной стратегии разработки требует учета множества факторов.

Таблица №1

Сопоставление вариантов разработки.

Показатели	Вариант			
	1	2	3	4
Система размещения скважин, режим разработки	Треугольная сетка, ППД	Треугольная сетка, без ППД	Избирательная	Избирательная система + однорядная
Расстояние между скважинами, м	1000	1000	–	–/800
Фонд скважин для бурения, всего	106	60	42	50
Фонд добывающих скважин	58	60	42	44
Фонд нагнетательных скважин	48	–	–	6
Бурение боковых стволов	–	–	6	5
Фонд скважин, всего	111	65	47	55
Фонд добывающих скважин	63	65	47	49
Фонд нагнетательных скважин	48	–	–	6
Длина ГС добывающих, м	800	800	1200	800–1200
Длина ГС нагнетательных, м	200	–	–	800
КИН (утвержденный КИН = 0,22)	0,069	0,064	0,072	0,074

В заключение, проводится анализ сравнения коэффициента извлечения нефти для рассмотренных вариантов разработки. Согласно проектному документу, ожидается, что коэффициент извлечения должен составить 0,22. Однако, после проведенных прогнозов для каждого из вариантов становится явным, что значения коэффициента остаются низкими. Это указывает на отсутствие экономической целесообразности разработки нефтяной части залежи. Более того, значения коэффициента почти идентичны для всех предложенных стратегий.

Подчеркивается, что несмотря на разнообразие вариаций в системах размещения скважин, плотности сеток, длины горизонтальных стволов и наличия системы поддержания давления, моделирование операций не приводит к заметным положительным результатам. Это приводит к выводу, что существуют главные факторы, оказывающие влияние на эффективность разработки.

Один из ключевых факторов, определяющих объем накопленной добычи при горизонтальной разработке, – это время загазовывания скважины. При отборе нефти, требующем создания значительной депрессии, происходит образование конуса депрессии, в котором газ и вода перемещаются к скважине. Для обеспечения долгого времени для перемещения более подвижных углеводородов к области дренирования, оптимальная длина

горизонтального участка играет важную роль. Большая длина участка требует меньшей депрессии для достижения заданного дебита, что способствует сохранению эффективности добычи нефти.

Оптимизация необходима не только в геометрических параметрах отдельных скважин, но и в общем расположении фонда. Из-за низкой проницаемости и наличия режимов водонапора и газонапора, использование системы поддержания давления становится неэффективным. Подача флюида в пласт не всегда достигает дренирования добывающей скважины, и газ начинает перемещаться к ней.

Поиск новых подходов для разработки должен направляться на максимальное использование режимов водонапора и газонапора, определение оптимальных темпов отбора газа из газовой части и нефти из нефтяных оторочек, а также оптимизацию длины и количества горизонтальных стволов скважин.

1. Аширов К.Б, Боргест Т.М., Карев А.Л. Обоснование причин многократной восполнимости запасов нефти и газа на разрабатываемых месторождениях Самарской области // Известия Самарского НЦ РАН. 2000. Т.2. №1. С.166-173.
2. Гаврилов В.П. Возможные механизмы естественного восполнения запасов на нефтяных и газовых месторождениях // Геология нефти и газа. 2008. №1. С.56-64.

Любцов А.В.

Использование автоматизации в управлении нефтяными утечками

*Уфимский государственный нефтяной технический университет
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-441

Аннотация

Нефтяные разливы и утечки представляют серьезную угрозу окружающей среде, и использование автоматизированных систем способствует более эффективному, быстрому и точному удалению загрязнений. Автоматизированные технологии становятся ключевым компонентом современных методов борьбы с экологическими катастрофами, связанными с нефтью.

Ключевые слова: сорбенты, улавливание нефти, очищение поверхностей, регенерация сорбентов.

Abstract

Oil spills and leaks pose a serious threat to the environment, and the use of automated systems contributes to more efficient, fast and accurate removal of contaminants. Automated technologies are becoming a key component of modern methods of combating environmental disasters related to oil.

Keywords: sorbents, oil capture, surface cleaning, sorbent regeneration.

Нефтяные разливы и утечки нефти – это серьезная экологическая проблема, которая может вызвать большой ущерб окружающей среде и человеческому здоровью. Очищение нефтяных загрязнений требует эффективных методов, и одним из наиболее распространенных подходов является использование сорбентов. Сорбенты – это вещества, способные впитывать нефть и нефтепродукты, облегчая процесс их удаления с поверхности воды или почвы. Автоматизированные технологии играют ключевую роль в обработке и устранении нефтяных загрязнений. Применение автоматизированных систем для улавливания и сбора нефтенасыщенных сорбентов улучшает эффективность процесса, снижает затраты и минимизирует человеческое воздействие на окружающую среду. Роботы и беспилотные летательные аппараты (дроны) могут использоваться для мониторинга и очистки загрязненных областей. Роботизированные устройства могут быть оборудованы специализированными

системами для улавливания сорбентов с поверхности воды или почвы. Они обеспечивают точное и быстрое выполнение задачи, а также сокращают риски для рабочего персонала.

Современные сенсорные технологии могут помочь в обнаружении и мониторинге нефтяных загрязнений. Специализированные сенсоры могут определять концентрацию нефти и нефтепродуктов на поверхности воды или почвы, что позволяет оптимизировать процесс улавливания и сбора.

Эффективная система доставки сорбентов на место загрязнения и их последующее хранение играют важную роль в автоматизированном процессе. Специализированные бункеры и транспортные системы обеспечивают постоянное наличие сорбентов в нужных местах. Использование автоматизированных технологий для улавливания и сбора нефтенасыщенных сорбентов предоставляет несколько важных преимуществ:

- ✓ Эффективность: Автоматизированные системы могут работать непрерывно и более эффективно, чем традиционные методы, что позволяет быстрее и полностью устранить загрязнение.
- ✓ Снижение риска для здоровья: Использование роботов и дронов уменьшает риск воздействия на рабочий персонал, особенно в случае опасных загрязнений.
- ✓ Экономия времени и ресурсов: Автоматизированные системы могут оперативно реагировать на нефтяные аварии, что помогает минимизировать экологический вред и экономить ресурсы.
- ✓ Точность: Сенсоры и системы управления обеспечивают точное выполнение задач, что способствует более эффективной очистке.

Автоматизированные технологии улавливания и сбора нефтенасыщенных сорбентов играют важную роль в борьбе с нефтяными разливами и загрязнениями. Они обеспечивают более эффективное, быстрое и точное удаление нефти с поверхности воды и почвы, снижая воздействие на окружающую среду и уменьшая риски для здоровья человека. Автоматизированные системы становятся неотъемлемой частью современных технологий в области экологической безопасности и управления нефтяными загрязнениями.

Распространение промышленных выбросов нефти и нефтепродуктов в природные экосистемы по всему миру по-прежнему растет. Основной причиной этого роста является дисбаланс между стремительным развитием всех отраслей современной промышленности и усовершенствованием технологий очистки почвы и воды от нефтяных загрязнений. В настоящее время существует несколько методов и технологий для очистки почвы и воды от нефтяных загрязнений, и постоянно разрабатываются новые. При выборе метода очистки необходимо уделять особое внимание его экологической безопасности, однако при этом важно также учитывать эффективность метода и финансовые затраты.

Существует несколько категорий методов очистки почвы и воды от нефтяных загрязнений, которые можно разделить на механические, физико-химические и биологические методы. Механические методы часто используются для сбора разлитых нефтепродуктов с поверхности почвы и воды и могут быть довольно эффективными, но они могут оказаться неэффективными в труднодоступных местах и при наличии сложного рельефа. Они также не всегда способны справиться с нефтью, которая образует тонкую радужную пленку на воде или находится в эмульгированном состоянии.

Для более эффективной ликвидации нефтяных загрязнений в труднодоступных местах и при наличии радужных пленок на воде предпочтительно использовать физико-химические и биологические методы. Эти методы основаны на процессах разрушения нефтяных пленок, адсорбции нефтепродуктов природными и синтетическими сорбентами и даже на работе нефтеокисляющих микроорганизмов.

Сорбенты играют важную роль в быстром сборе нефти и нефтепродуктов с различных поверхностей. Они используются в различных технологиях, включая методы простого расстилания, нанесение сорбентов, а также специальные валки с сорбирующим материалом.

Существует множество различных типов сорбентов, включая растительные остатки, синтетические материалы, углеродные сорбенты и природные минералы.

Сорбенты обладают рядом преимуществ, таких как высокая степень очистки, скорость впитывания, универсальность и доступная цена. Они также позволяют изолировать летучие горючие пары, что содействует безопасности при работе с нефтью и нефтепродуктами. Нефтяные сорбенты выполняют несколько ключевых задач при ликвидации и устранении загрязнений нефтью и нефтепродуктами:

1. Ликвидация загрязнений без экологического ущерба: Сорбенты позволяют улавливать нефтяные загрязнения с поверхности почвы и воды, предотвращая их распространение в природных экосистемах. Это способствует минимизации экологического вреда и защите окружающей среды.
2. Блокировка нефтяных загрязнений в минимальные сроки: Сорбенты способны быстро и эффективно адсорбировать нефть и нефтепродукты, что помогает остановить распространение загрязнений и предотвратить их дальнейшее распространение.
3. Локализация нефтяных пятен: Использование сорбентов позволяет собирать нефть и нефтепродукты, образующие пятна на поверхности почвы и воды, что помогает ограничить размеры и масштабы загрязнения и облегчает последующую очистку.
4. Предупреждение дальнейшего распространения нефтепродуктов: Сорбенты могут остановить дальнейшее распространение нефтяных загрязнений, предотвращая их перемещение по водным и почвенным системам и защищая природные ресурсы.
5. Обеспечение дальнейшего восстановления природного баланса: После сбора нефти и нефтепродуктов с помощью сорбентов можно более эффективно провести процессы восстановления загрязненных участков природы и стимулировать естественные процессы самоочищения окружающей среды.

Для оценки эффективности применения сорбентов в очистке различных типов почв от нефтяных загрязнений, можно использовать математическую модель изменения концентрации нефти в почве. Эта модель учитывает влияние сорбента, физико-химические факторы, тип почвы и ее нефтепроницаемость.

Используется система обыкновенных дифференциальных уравнений для описания процессов изменения концентрации нефти в почве под воздействием сорбента и физико-химических факторов. Эта система может быть решена с использованием численных методов, таких как метод Рунге-Кутты четвертого порядка. Преимущества и особенности этих методов включают:

1. Универсальность: технологии могут применяться в различных природных условиях, включая болота, водотоки и сложные рельефы, что расширяет область их применимости.
2. Улучшенная эффективность: Использование магнитных опилок и магнитных боновых заграждений для сбора нефтяных загрязнений и нефтенасыщенного сорбента может существенно повысить эффективность сбора в условиях высокой скорости течения воды.
3. Защита окружающей среды: Благодаря эффективной очистке и локализации нефтяных загрязнений, ваши методы помогают уменьшить экологический ущерб и способствуют быстрому восстановлению природного баланса.
4. Простота использования: Применение магнитных опилок и магнитных боновых заграждений может быть относительно простым и требовать минимального человеческого вмешательства.
5. Снижение риска уноса загрязнений: Магнитные свойства используемых материалов позволяют снизить вероятность уноса нефтенасыщенного сорбента, что особенно важно при высоких скоростях течения воды.

Эти инновационные методы могут быть важными инструментами для улучшения экологической устойчивости и защиты окружающей среды в случае нефтяных аварий и загрязнений. Они также могут сэкономить усилия и ресурсы при проведении мероприятий по ликвидации аварийных разливов нефти.

1. Каменщиков, Ф.А., Богомольный, Е.И. (2005), Нефтяные сорбенты, Ижевск, НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 268 с.
2. Чеботарева, Э.В. (2011), Математические модели изменения концентрации нефти в загрязненных почвах под воздействием сорбентов и микроорганизмов, Вестник ТГПУ, Казань, Вып. 4(26), 2011, С. 47-50.

Скок А.С.

Перспективы автоматизации в газодобыче

*Уфимский государственный нефтяной технический университет
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-442

Аннотация

Отслеживается развитие технологий и методов, применяемых в отрасли, а также их влияние на увеличение производительности и безопасности процессов. Рассматриваются ключевые этапы развития автоматизации в газодобыче и ее перспективы.

Ключевые слова: газодобыча, автоматизация, эволюция систем, производительность, безопасность.

Abstract

The development of technologies and methods used in the industry is monitored, as well as their impact on increasing the productivity and safety of processes. The key stages of automation development in gas production and its prospects are considered.

Keywords: gas production, automation, system evolution, productivity, safety.

В начале развития газодобычи механические системы были основой для автоматизации. Эти системы включали в себя механические клапаны, регуляторы давления и приводы, которые позволяли операторам управлять и контролировать процессы добычи и транспортировки газа. Однако они были ограничены в своих возможностях и требовали постоянного внимания и ухода.

С развитием электроники и пневматики системы автоматизации стали более продвинутыми. Использование электроники позволило создать системы управления с обратной связью, что сделало процессы более точными и стабильными. Электронные панели управления и датчики позволили операторам мониторить и регулировать параметры газодобычи в реальном времени. Пневматические системы также стали более распространенными, управляя клапанами и устройствами для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации.

С развитием информационных технологий и цифровой революции в последние десятилетия газодобывающие предприятия перешли к более сложным и интегрированным системам автоматизации. Одним из ключевых элементов стала автоматизация на основе данных. Системы управления на основе данных позволяют анализировать большие объемы информации и принимать решения на основе алгоритмов и искусственного интеллекта. Это повышает эффективность и уменьшает риски в газодобыче.

Эволюция систем автоматизации в газодобыче является ярким примером того, как технологии и инженерное развитие способны улучшать отрасль. От механических устройств и электроники до цифровой трансформации, газодобыча стала более эффективной, безопасной и экологически устойчивой благодаря автоматизации. Будущее газодобычи обещает еще больше

инноваций, включая развитие и применение технологий искусственного интеллекта, автономных систем и экологически устойчивых практик.

Прежде чем применение удаленного управления промышленными объектами и скважинами стало обыденной практикой, в истории развития этой области сначала шли автоматические и автоматизированные технологии бурения, создание интегрированных моделей газового производства, а также освоение многоствольного бурения и технологий гидроразрыва пластов.

Эти шаги позволили на ранних этапах разработки месторождений формировать адекватные модели, анализировать и своевременно корректировать основные параметры эксплуатации, а также уменьшить риски при оценке запасов и обеспечить оптимальный режим технологической эксплуатации.

Следует отметить, что в начале 1960-х годов автоматические устройства практически не применялись на отечественных газовых месторождениях. Это связано с тем, что в соответствии с действующими нормативными документами Министерства газовой промышленности скважины не подлежали автоматизации, и управление режимами осуществлялось через индивидуальный подбор и замену штуцеров (шайб) постоянного сечения для изменения давления в шлейфах.

Это свидетельствует о том, что скважина должна рассматриваться как один из ключевых объектов управления, с учетом взаимосвязей персонала и технологий для всей системы управления как надземными, так и подземными объектами месторождения. Что касается полевой части системы, она включает в себя сенсорные модули для измерения температуры (независимо от того, являются они погружными или накладными) и модули для измерения давления. Кроме того, в систему входят модули дискретных сигналов, предназначенные для контроля положения арматуры и обеспечения безопасности, а также акустоэмиссионные датчики для обнаружения наличия твердых частиц песка.

Исторически газодобыча началась с ручного труда. Работники вынуждены были бурить скважины, поднимать оборудование и контролировать процессы вручную. Первыми шагами в направлении автоматизации стали разработка и внедрение механических буровых установок и систем поднятия оборудования. Это позволило сократить физический труд и увеличить производительность.

Установка модулей для измерения давления и температуры производится на специальных местах фонтанной арматуры, предназначенных для установки местных манометров и термометров, что позволяет избежать сложных монтажных и сварочных работ и сохранить общий вид оборудования (обеспечивая таким образом мимикрию).

Для определения дебита скважины в процессе исследований часто используется расчет на основе измерений буферного и затрубного давлений. Однако современные технологии позволяют также проводить автоматический учет дебита.

В начале развития газодобычи механические системы были основой для автоматизации. Эти системы включали в себя механические клапаны, регуляторы давления и приводы, которые позволяли операторам управлять и контролировать процессы добычи и транспортировки газа. Однако они были ограничены в своих возможностях и требовали постоянного внимания и ухода.

Основные функции сбора и передачи данных выполняются модулями сбора и связи (МСиС). В их состав входят базовая станция, контроллер системы, средства накопления и обработки данных, а также средства передачи информации в диспетчерский пункт. Для проведения измерений можно использовать мобильный центр мониторинга или регистрирующий центр данных в мобильном транспорте.

Транспортировка оборудования позволяет легко подъехать к скважинам на расстояние около 1 км и с одной точки собирать информацию о множестве объектов телеметрии. Это делает систему удобной и эффективной для диагностики состояния различных газосборных сетей, транспортных коммуникаций, объектов коммунального хозяйства и других технологических объектов для добычи и хранения жидких и газообразных сред.

Анализ эффективности воздействия на промысел осуществляется с учетом разработанного проекта и актуальной геолого-геофизической модели месторождения, которая базируется на данных о газоконденсатных характеристиках. Для мониторинга процессов в скважинах применяется не только волоконно-оптическая фазированная сейсмоакустооптическая антенна, но также используется акустический метод передачи данных.

Специальный автономный скважинный снаряд (АСС) опускается в забой скважины, не прерывая производственного процесса, и выполняет измерение параметров, передавая их в виде акустических сигналов по колонне насосно-компрессорных труб на наземный модуль. В настоящее время этот модуль успешно прошел опытно-промышленную эксплуатацию.

Это включает в себя автоматизированную настройку и соответствие геолого-технологической модели реальным данным промысла, расчет материального баланса по скважинам, управление режимами скважин и месторождения, учет ресурсов и планирование работ. Оптимизация распределения нагрузки, адаптация системы управления режимами месторождения в реальном времени и обеспечение технологической и экологической безопасности также важны в этом процессе.

Эффективность цифровых технологий в газодобыче подтверждается мировыми практиками, что приводит к увеличению извлекаемых запасов, снижению времени простоев скважин и сокращению операционных затрат. Оценка специалистов показывает, что затраты на цифровизацию газового промысла при извлечении остаточных запасов составляют менее 1-2 долларов на 1000 м³ газа.

Системы автоматизации в газодобыче продолжают развиваться, и будущее предоставляет много перспективных возможностей. Многие компании работают над разработкой более интеллектуальных и автономных систем, которые будут способны принимать более сложные решения без человеческого вмешательства. Это позволит улучшить эффективность и безопасность газодобычи даже в самых сложных условиях.

Кроме того, газодобыча становится все более интернациональной, и системы автоматизации играют важную роль в управлении удаленными объектами и сетями. Совместное использование данных и технологий между различными странами и компаниями способствует оптимизации производства и сокращению издержек. Эти изменения в значительной степени изменяют объем информации и уровни управления в предприятиях нефтегазовой отрасли.

1. Остроумова Е.Г. Информационные технологии и автоматизация в нефтегазовой отрасли: интервью Н.А. Ереминым // Газовая пром-сть. – 2012. – № 5 (674). – С. 10–11.
2. Газовая скважина как объект автоматизации в современных условиях / В.З. Минликаев, Д.В. Дикамов, В.Е. Столяров, И.А. Дяченко // Газовая пром-сть. – 2014. – № 10 (713). – С. 52–57.

Шпаков А.А.

Методы внедрения и использования возобновляемых источников энергии в добычных операциях

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-443

Аннотация

В работе рассматриваются различные подходы к уменьшению энергопотребления и снижению воздействия на окружающую среду в контексте исследования и эксплуатации газовых скважин. Анализируются ключевые технологические решения, включая инновационные методы бурения, мониторинга и контроля процессов добычи, а также улучшенные методы внедрения и использования возобновляемых источников энергии в добычных операциях.

Ключевые слова: энергосберегающие технологии, газовые скважины, оптимизация добычи, инновации, возобновляемая энергия.

Abstract

The paper discusses various approaches to reducing energy consumption and reducing environmental impact in the context of research and operation of gas wells. Key technological solutions are analyzed, including innovative drilling methods, monitoring and control of production processes, as well as improved methods for the introduction and use of renewable energy sources in mining operations.

Keywords: energy-saving technologies, gas wells, production optimization, innovations, renewable energy.

Глобальное потребление энергии и экологические вопросы становятся все более актуальными в современном мире. В контексте нефтегазовой промышленности, исследование и добыча природного газа требует огромных энергетических ресурсов. Однако современные технологии позволяют внедрять энергосберегающие методы и подходы для оптимизации процессов при исследовании газовых скважин.

С учетом растущего спроса на природный газ как на экологически более чистое топливо, важно стремиться к эффективной и устойчивой добыче. Однако традиционные методы могут быть энергозатратными и иметь негативное воздействие на окружающую среду. Энергосберегающие технологии позволяют:

- a. Снижать энергопотребление при проведении геофизических исследований и бурении скважин.
- b. Уменьшать выбросы парниковых газов и другие негативные воздействия на окружающую среду.
- c. Повышать общую эффективность добычи и управление производством.

Использование солнечных панелей для питания газовых скважин и сопутствующего оборудования становится все более популярным. Солнечные батареи могут быть установлены на месторождениях в удаленных районах, где нет доступа к сетям электроснабжения. Это позволяет снизить зависимость от генераторов, работающих на ископаемом топливе, и сократить выбросы CO₂.

Современные системы управления энергией (Energy Management Systems, EMS) предоставляют возможность наблюдения и оптимизации энергопотребления на месторождениях. Эти системы автоматически анализируют данные о потреблении энергии и позволяют выявлять потенциальные сбережения и улучшения в процессах добычи и исследования.

Современные технологии в бурении, такие как горизонтальное бурение и гидравлический разрыв пласта, могут увеличить производительность скважин. Однако они также потребляют больше энергии. Использование эффективных насосных систем и устройств для снижения энергопотребления помогает сберечь ресурсы.

Исследование и добыча газа часто включают этапы очистки и обработки, которые также потребляют энергию. Применение более эффективных и экологически чистых методов очистки может снизить потребление энергии и уменьшить выбросы в атмосферу.

Интеграция энергосберегающих технологий в исследование и добычу газа имеет решающее значение для сокращения негативного воздействия на окружающую среду и повышения эффективности процессов. Новаторские методы, такие как использование солнечной энергии, системы управления энергией и экологически чистые технологии, помогут промышленности не только сохранить ресурсы, но и создать более устойчивое будущее. Внедрение этих технологий требует совместных усилий от компаний, инженеров и научного сообщества, но потенциальные выгоды в виде сокращения экологического следа и экономии энергии действительно стоят этого.

Нефтегазовая промышленность является одной из ключевых отраслей мировой экономики, обеспечивающей снабжение энергией и сырьем для различных секторов производства. С развитием современных технологий добычи, внимание ученых и специалистов все больше привлекает вопрос о необходимости сокращения энергопотребления и минимизации негативного воздействия на окружающую среду при исследовании и эксплуатации газовых скважин. Энергосберегающие технологии становятся ключевым фактором для достижения устойчивого развития отрасли и снижения ее экологического следа.

Актуальность оптимального использования добытого газа при освоении нефтегазовых месторождений остается высокой. Примарное внимание в этом контексте уделяется повышению эффективности использования сопутствующего нефтяного газа (СНГ), содержащего разнообразные гомологи метана, важные для химической промышленности. Однако недавно большая доля этого газа продолжала сжигаться на факелах из-за отсутствия желания нефтедобывающих компаний вкладывать дополнительные капитальные вложения в утилизацию СНГ. Это повлекло за собой разрушение невозобновляемых ресурсов и негативное воздействие на окружающую среду.

Внедрение инновационных методов бурения играет значительную роль в энергосбережении при исследовании газовых скважин. Современные технологии позволяют сократить затраты энергии и времени на бурение. Применение бесшовных труб, уменьшение трения при передвижении буровых инструментов и оптимизация параметров процесса способствуют повышению эффективности этапа бурения.

С одной стороны, использование инновационных методов бурения обеспечивает сокращение затрат на энергию и повышает эффективность. С другой стороны, внедрение современных методов мониторинга и контроля является неотъемлемой частью оптимизации добычи и исследования газовых скважин. Реализация дистанционных технологий мониторинга позволяет оперативно собирать и анализировать данные о состоянии скважин и процессах добычи. Это в свою очередь способствует раннему выявлению неисправностей и снижению потерь энергии.

Одной из перспективных областей в области энергосбережения при исследовании газовых скважин – это использование возобновляемых источников энергии. Применение солнечных и ветровых установок может обеспечить энергию для систем мониторинга, контроля и других небольших потребителей на местах добычи. Это в свою очередь позволяет уменьшить зависимость от традиционных источников энергии и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Нефтегазовая промышленность стремится к более эффективному и экологически безопасному использованию энергоресурсов. Энергосберегающие технологии при исследовании газовых скважин содействуют достижению устойчивого развития отрасли. Оптимизация процессов бурения, внедрение инновационных методов мониторинга и использование возобновляемой энергии имеют потенциал снизить затраты, улучшить эффективность и уменьшить воздействие на окружающую среду. Внедрение этих практик поможет обеспечить устойчивое развитие отрасли в долгосрочной перспективе.

Эффективное использование добытого газа при исследовании газовых скважин является ключевой задачей для достижения устойчивого развития нефтегазовой промышленности. Внедрение энергосберегающих технологий, оптимизация процессов бурения и добычи, а также использование возобновляемых источников энергии способствуют решению экологических и экономических вызовов отрасли. Применение инновационных методов и технологий может сделать отрасль более эффективной и устойчивой в долгосрочной перспективе.

При проведении исследований высокодебитных скважин, где достигается критический перепад давлений между устьем скважины и давлением, необходимым для питания электростанции, предпочтительным решением является размещение электростанции после замерного устройства (ДИКТ). В случае, если установленная электростанция не способна использовать всю добытую газовую продукцию, лишней газ направляется на факел. При

исследовании скважин с низким дебитом, где устьевое давление не обеспечивает критический перепад давлений, электростанцию размещают перед замерным устройством.

Важно отметить, что при этом дебите газа определение объема газа основывается на измерении расхода продуктов сгорания и учете расхода воздуха для сжигания газа. Формула горения метана ($\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$) показывает, что для полного сжигания 1 объема метана требуется 2 объема кислорода, что составляет около 9,5 объемов воздуха. При использовании электростанции, которая не способна потребить весь газ, дебит газа определяется как 0,095 (1/10,5) часть замеренного объема продуктов сгорания.

В примере проведенного исследования газовой скважины методом установившихся отборов, где были получены дебиты газа на разных режимах, показано, какая часть газа использовалась для электроэнергии. При этом использование газопоршневой электростанции позволило получить значительный объем электроэнергии. Если бы была установлена соответствующая электростанция с возможностью полного использования газа, объем произведенной электроэнергии мог бы обеспечить энергетические потребности даже небольшого жилого комплекса на продолжительное время.

Таким образом, утилизация газа при исследовании скважин путем использования электростанций представляет эффективный способ получения электроэнергии и решения вопросов энергопотребления в совокупности с исследованием газовых залежей. Этот метод позволяет не только оптимизировать использование газа, но и дополнительно внести вклад в рациональное недропользование и эффективное энергоснабжение.

1. Кудряшова А. В. Совершенствование методов оценки эффективности инновационных проектов / Вестник ГУУ. – 2018. – №9. – С. 50-54.
2. Мурадов А. А. Формирование стратегии инновационного развития структур государственно-частного партнерства нефтегазового комплекса в новых экономических условиях / Имущественные отношения в РФ. – 2016. – №9 (180). – С. 33-38.

РАЗДЕЛ XXVI. ЭНЕРГЕТИКА

Нарушев Е.В.

Анализ взаимодействия элементов в тепловых конструкциях

Самарский государственный технический университет

(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-444

Аннотация

Эта работа направлена на анализ воздействия нескольких теплонапряженных элементов на тепловой режим конструкций с использованием современных методов и инструментов. Результаты исследования позволяют более точно учитывать тепловые аспекты при проектировании и эксплуатации строительных объектов.

Ключевые слова: теплонапряженные элементы, совместное воздействие, тепловое состояние, строительные конструкции, анализ влияния.

Abstract

This work is aimed at analyzing the impact of several heat-stressed elements on the thermal regime of structures using modern methods and tools. The results of the study will allow for more accurate consideration of thermal aspects in the design and operation of construction facilities.

Keywords: heat-stressed elements, joint impact, thermal condition, building structures, impact analysis.

Строительные конструкции подвергаются воздействию температурных изменений, и это может привести к различным видам деформаций, напряжений и повреждений. Для понимания этого процесса и разработки устойчивых строительных решений необходим анализ совместного влияния нескольких теплонапряженных элементов. Температурные изменения могут вносить существенное воздействие на строительные конструкции. При изменении температуры материалы могут расширяться или сжиматься, что приводит к изменению их размеров. Это воздействие называется тепловой деформацией. Когда строительные элементы состоят из разных материалов, каждый материал может реагировать на изменение температуры по-разному. Теплонапряженные элементы включают в себя все, что может привести к этим изменениям в строительных конструкциях, такие как:

- Воздействие сезонных изменений температуры и суточных колебаний может вызвать расширение и сжатие конструкций. Это особенно важно в случае больших стальных или железобетонных конструкций.
- Материалы, используемые для теплоизоляции, такие как утеплители и утеплительные панели, могут оказывать влияние на тепловое состояние конструкции.
- Места соединения различных конструктивных элементов, такие как болты, сварка и клей, могут также вносить свой вклад в тепловое состояние конструкции.

Для понимания и оценки теплового состояния строительных конструкций при воздействии нескольких теплонапряженных элементов проводится анализ совместного влияния. Этот анализ включает в себя несколько ключевых этапов:

Сначала необходимо создать математические модели каждого теплонапряженного элемента, учитывая их геометрию, материал и условия эксплуатации. Это может включать в себя уравнения теплопроводности, механическую прочность и другие физические характеристики. На этапе оценки тепловых нагрузок определяются тепловые нагрузки, которые действуют на конструкцию от каждого теплонапряженного элемента. Это включает в себя учет

различных режимов температурных изменений и длительность воздействия. Используя результаты моделирования и оценки нагрузок, проводится анализ влияния каждого элемента на конструкцию. Это может включать в себя расчеты напряжений, деформаций и других параметров теплового состояния.

Наконец, проводится совместный анализ, чтобы определить, как несколько теплонапряженных элементов воздействуют на конструкцию в целом. Это может включать в себя оценку общих напряжений, деформаций и вероятных мест повреждений. Анализ совместного влияния нескольких теплонапряженных элементов на тепловое состояние строительных конструкций является важной частью проектирования и строительства. Понимание воздействия температурных изменений на конструкции позволяет разрабатывать более надежные и устойчивые строительные решения. Этот анализ также важен для обеспечения безопасности и долговечности строительных объектов, особенно в условиях суровых климатических условий.

Увеличение эффективности теплоизоляции внешних стен зданий при неуклонном росте стоимости энергоресурсов становится все более значимой задачей. В настоящее время, акцент делается на улучшении теплозащитных свойств ограждающих конструкций с целью сокращения теплопотерь через них. Современное строительство предлагает разнообразные варианты энергоэффективных ограждающих конструкций, которые способствуют более рациональному использованию энергии. Важно отметить, что большинство конструкций обладают неоднородной структурой, что приводит к утечкам тепла через так называемые "теплонапряженные элементы" (ТНЭ).

Теплонапряженные элементы имеют существенное воздействие на теплоизоляцию ограждающих конструкций и увеличивают теплопотери здания. Теплонапряженные элементы представляют собой участки конструкции с низким термическим сопротивлением. Они могут быть как геометрическими, вызванными архитектурными и конструктивными особенностями здания, так и материальными, обусловленными различной теплопроводностью строительных материалов. Присутствие таких элементов приводит к снижению температуры на внутренней поверхности ограждений, прилегающих к проблемным участкам. Кроме того, ТНЭ увеличивают вероятность образования конденсата на внутренних поверхностях ограждений, что может привести к развитию плесени. Это различие в температурных режимах может вызвать термические напряжения и, как следствие, привести к разрушению конструкций. В современных зданиях существует около двадцати основных теплонапряженных элементов, таких как наружные углы, места соединения наружных стен с межэтажными перекрытиями, проемы под окна и двери, элементы жесткости и другие. Часто в одной и той же конструкции могут присутствовать сразу несколько таких элементов. Одним из наиболее значимых ТНЭ является место соединения балконной плиты с наружной стеной.

Балконы увеличивают площадь и комфорт в жилых помещениях. Один из популярных вариантов балконной конструкции - это использование железобетонной плиты. Однако, помимо требований к прочности, необходимо обеспечить теплоизоляцию, так как место соединения балконной плиты с наружной стеной создает теплонапряженный элемент большой протяженности, который можно сравнить по теплопотерям с несколькими квадратными метрами наружной стены без теплоизоляции. Это обусловлено влиянием холода на значительное расстояние внутрь балконной плиты, поскольку часть плиты находится в контакте с внешним воздухом, а другая часть находится внутри стены и контактирует с воздухом внутри помещения. Следовательно, охлажденная железобетонная часть конструкции способствует понижению температуры некоторых ее фрагментов, что значительно увеличивает теплопотери наружных стен и повышает риск образования конденсата.

Плиты VELOX состоят из древесной щепы, цемента и жидкого стекла. Они монтируются на фундаменте с использованием специальных металлических стяжек и заполняются бетоном. Такая многослойная конструкция включает щепоцементную плиту с утеплителем и без него, что обеспечивает эффективную изоляцию. Результаты исследования могут быть полезными для проектировщиков и строителей при оптимизации теплозащиты

ограждающих конструкций и уменьшении теплопотерь. Исследование влияния теплонапряженных элементов (ТНЭ) на тепловое состояние строительных конструкций является критически важным в условиях современных стандартов энергоэффективности и устойчивости зданий. Огромное усилие уделяется повышению эффективности теплоизоляции ограждающих конструкций для снижения теплопотерь и обеспечения комфортного микроклимата внутри помещений.

Анализ взаимодействия элементов в тепловых конструкциях имеет широкий спектр практических применений:

1. Проектирование эффективных тепловых конструкций в зданиях помогает снизить энергопотребление и расходы на отопление и кондиционирование воздуха.
2. В автомобилях и самолетах важно управлять тепловыми процессами, чтобы обеспечить комфорт пассажиров и надежную работу двигателей.
3. В области энергетики анализ взаимодействия элементов используется для оптимизации работы тепловых электростанций и сетей теплоснабжения.
4. В космической технике критически важно управлять тепловыми процессами, чтобы обеспечить нормальную работу аппаратов в космосе, где нет атмосферы для рассеивания тепла.

Анализ взаимодействия элементов в тепловых конструкциях - это ключевой инженерный процесс, который помогает обеспечить эффективную работу тепловых систем. Путем создания тепловых моделей, проведения симуляций и расчетов, а также оптимизации компонентов, инженеры могут добиться улучшения тепловой производительности и уменьшения энергозатрат. Это важно как с точки зрения экономии ресурсов, так и с точки зрения уменьшения воздействия на окружающую среду.

1. Егорова, Т.С. Повышение энергоэффективности зданий благодаря устранению критических мостиков холода и непрерывной изоляции выступающих строительных конструкций / Т.С. Егорова, В.Е. Черкас // Вестник МГСУ. – 2011. – № 3. – С. 421–428.
2. Bernard, C. Thermal Bridging: An Investigation of the Heat Loss Effects of Thermal Bridges common in Irish Construction Practice / C. Bernard // Dublin Institute of Technology. – 1997.

Пелеганчук А.В.

Ключевые аспекты вариации режимов работы парогазовой установки

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-445

Аннотация

Парогазовые установки (ПГУ) считаются важным звеном в производстве электроэнергии и тепловой энергии. Работа ПГУ может быть оптимизирована путем изменения параметров, таких как нагрузка, температура и давление, что влияет на эффективность и стоимость производства энергии. В статье рассматриваются ключевые аспекты вариации режимов работы ПГУ и их воздействие на экономичность энергетического блока, а также предлагаются рекомендации по оптимизации работы ПГУ для повышения его эффективности.

Ключевые слова: парогазовая установка, энергетический блок, энергоэффективность, режим работы, производство энергии, оптимизация.

Abstract

Combined cycle gas turbine units (CCGTs) are an important link in the production of electricity and the environment. CCGT operation can be maintained by changing parameters such as load,

temperature and pressure, which affect the efficiency and cost of energy production. The article presents the key aspects of changing the operating modes of the CCGT and their impact on the efficiency of the power unit, and also provides recommendations for optimizing the operation of the CCGT to increase its efficiency.

Keywords: combined cycle plant, energy unit, energy efficiency, operating mode, energy production, optimization

Парогазовые установки (ПГУ) являются одними из самых важных и распространенных источников производства электроэнергии и тепловой энергии. Эффективность и экономичность работы ПГУ имеют критическое значение для обеспечения стабильной поставки энергии и снижения негативного воздействия на окружающую среду. Поэтому, они представляют собой энергетические системы, в которых тепловая энергия, выделяющаяся в процессе работы газотурбинной установки, используется непосредственно или косвенно для производства электроэнергии в рамках парового турбинного цикла. Если рассматривать классификацию, то по их назначению, парогазовые установки классифицируются на конденсационные и теплофикационные.

Первые из них ориентированы исключительно на производство электроэнергии, в то время как вторые выполняют функцию также подогрева сетевой воды, используя подключенные к паровой турбине подогреватели. С учетом числа рабочих тел, применяемых в парогазовых установках, они разделяются на бинарные и молярные.

В бинарных установках газотурбинный цикл (содержащий воздух и продукты сгорания топлива) и паровая турбина (работающая с водой и водяным паром) органично разделены. В молярных установках, в свою очередь, рабочим веществом для турбины служит смесь продуктов сгорания и водяного пара. Ниже приведены некоторые из наиболее распространенных видов ПГУ.

- Газотурбинные ПГУ (ГТПГУ) - такие установки используют газотурбинный двигатель для привода генератора, а тепло от газотурбинного процесса используется для генерации пара. Газотурбинные ПГУ обычно работают на природном газе или других видов газа, и они обладают высокой эффективностью и быстрым запуском.
- Установки угольного типа (ПГУ используются для сжигания угля и других твердых топлив, чтобы производить газ и пар. Генерируемый газ затем используется для привода генератора.
- Парогазовые установки, которые могут работать на биомассе, такой как древесина, солома, отходы сельского хозяйства и др. Биомассовые материалы сначала газифицируются, чтобы создать газ, который затем используется для производства электроэнергии и пара.

Также есть газификационные ПГУ, которые используют газ для производства энергии. И интегрированные ПГУ установки, интегрирующие различные источники энергии, такие как солнечные коллекторы, твердые топлива и газификация, для максимальной эффективности и гибкости.

Различные переменные режимы работы парогазовых установок могут включать в себя изменение нагрузки, температуры и давления в системе, скорость подачи топлива и другие параметры. Исследования показывают, что оптимальный выбор режима работы может привести к снижению расхода топлива и увеличению выработки электроэнергии. Это, в свою очередь, позволяет снизить эксплуатационные затраты и сделать производство более экономически выгодным. Изменение параметров режима работы ПГУ имеет существенное влияние на экономичность энергетического блока. Высокая нагрузка при высокой эффективности может привести к увеличению производства энергии, но сопряжена с повышенными затратами на топливо и обслуживание. Снижение нагрузки для снижения затрат может уменьшить производство энергии, что также может отрицательно сказаться на экономической эффективности.

Режимы работы ПГУ могут варьироваться в зависимости от различных факторов, включая требования к производству электроэнергии и эксплуатационные условия. Вот несколько ключевых аспектов вариации режимов работы парогазовой установки:

- Мощность и нагрузка. ПГУ может работать в разных режимах мощности в зависимости от потребностей в электроэнергии. Можно изменять выходную мощность, увеличивая или уменьшая количество газифицируемого угля или другого топлива.
- Топливо и газификация. ПГУ может быть настроена для работы с различными видами твёрдых топлив, таких как уголь, лигнит, торф и другие. Разные виды топлива требуют разных условий газификации.
- Температура и давление пара. Регулирование температуры и давления пара в котлах ПГУ может варьироваться в зависимости от потребностей процесса. Это влияет на эффективность генерации пара и, следовательно, на производство электроэнергии.
- Старт и остановка. Режимы старта и остановки ПГУ важны для обеспечения плавного перехода установки в рабочее состояние и её выключения.

Комбинация этих аспектов варьируется в зависимости от конкретных условий и целей эксплуатации ПГУ, и она может быть оптимизирована для удовлетворения потребностей в энергии, экологических стандартов и экономической эффективности.

Но одним из важных аспектов оптимизации работы парогазовых установок является снижение выбросов вредных веществ, таких как оксиды азота (NOx) и углеводороды (CH). Различные режимы работы могут влиять на образование этих веществ при сжигании топлива. Исследования показывают, что оптимизация режимов работы может существенно снизить экологическую нагрузку, что актуально в условиях ужесточения нормативных требований к выбросам. Исследования влияния переменных режимов работы на экономичность парогазовых установок осуществляются с использованием современных технологий и анализа больших объемов данных. Сбор и анализ данных о работе установок в реальных условиях позволяют выявить оптимальные режимы и разрабатывать алгоритмы автоматической регулировки работы установок.

Оптимизация работы ПГУ требует баланса между экономичностью и эффективностью. Это может включать в себя использование современных систем управления, которые могут автоматически регулировать параметры режима работы в зависимости от текущей нагрузки и условий окружающей среды. Также важно учитывать долгосрочные перспективы, такие как структура тарифов на электроэнергию и требования к снижению выбросов.

Исследование влияния переменных режимов работы парогазовых установок на экономичность энергетического блока является важной задачей современной энергетики. Оптимизация работы установок позволяет снизить расход топлива, увеличить производительность и снизить вредные выбросы. Современные технологии и анализ данных позволяют эффективно решать эту задачу и сделать производство электроэнергии более экономически выгодным и экологически безопасным.

1. Усмонов, Н. О. Особенности использования парогазовых установок на ТЭС / Н. О. Усмонов, Ф. Ш. Умарджанова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 11 (115). — С. 518-522.
2. Ольховский, Г.Г. Перспективы тепловых электростанций / Г.Г. Ольховский // Электрические станции. — 2010. — № 1. — С. 8-17.
3. Цанев, С.В. Вопросы выбора параметров пара парогазовой установки с котлом-утилизатором одного давления / С.В. Цанев, В.Д. Бузов, В.Е. Торожков // Электрические станции. — 2004. — № 2. — С. 9-18.

Пелеганчук А.В.

Применение утилизационных парогазовых установок

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-446

Аннотация

Утилизационные парогазовые установки представляют собой инновационное решение для утилизации разнообразных видов отходов, включая твердые, жидкие и газообразные. В статье описываются основные принципы работы таких установок, их преимущества и области применения. Также рассматриваются ключевые технологические характеристики и экологические выгоды использования утилизационных парогазовых установок.

Ключевые слова: утилизационные парогазовые установки, обращение с отходами, энергоэффективность, экологическая устойчивость, технология утилизации.

Abstract

Combined-cycle gas recycling plants are an innovative solution for the disposal of various types of waste, including solid, liquid and gaseous. The article describes the basic principles of operation of such installations, their advantages and applications. The key technological characteristics and environmental benefits of using utilization combined-cycle gas plants are also considered.

Keywords: recycling combined-cycle gas plants, waste management, energy efficiency, environmental sustainability, recycling technology.

В данное время существует актуальная проблема, связанная с растущей проблемой обращения с отходами, и поиск эффективных методов и технологий утилизации стал приоритетным заданием для обеспечения экологической устойчивости и уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. Поэтому, в этом контексте утилизационные парогазовые установки, иногда известные как "утилизационного типа", становятся ключевым элементом инфраструктуры для обработки различных видов отходов. Эта статья рассматривает применение утилизационных парогазовых установок и их важное значение для решения проблемы обращения с отходами. Парогазовые установки - это совокупность технических систем, которые предназначены для преобразования тепловой энергии, полученной при сжигании топлива, в механическую и электрическую энергию. Такие установки используются в энергетических блоках для производства электроэнергии и тепловой энергии. Эффективность и экономичность их работы напрямую влияют на стоимость производства энергии и на экологическое состояние окружающей среды.

Утилизационные парогазовые установки - это технологически сложные системы, предназначенные для превращения различных отходов в энергию и полезные продукты. Они работают на основе термохимических процессов, таких как пиролиз, газификация и горение, при высокой температуре и давлении. Эти процессы позволяют превратить твердые отходы, жидкие отходы и даже опасные отходы в синтез-газ, который затем используется для производства пара и электроэнергии.

На иллюстрации изображена схема такой базовой парогазовой установки. Отходящие газы, произведенные газотурбинной установкой, подаются в утилизационный котел, который также является теплообменником противоточного типа. Котел-утилизатор представляет собой вертикальную прямоугольную шахту, внутри которой находятся нагревательные поверхности, сформированные из серебряных труб. В эти трубы подается рабочее вещество паротурбинной установки, которым может быть вода или пар. Простейший котел-утилизатор включает в себя три основных элемента: экономайзер - 3, испаритель - 2 и пароперегреватель 1. Главной частью здесь является испаритель, который состоит из барабана - 4 - длинного цилиндра, наполовину заполненного водой, нескольких опускных труб - 7 и вертикальных труб испарителя - 8, которые установлены достаточно плотно. Принцип работы испарителя основан на естественной

конвекции. Трубы испарителя находятся в зоне более высокой температуры по сравнению с опускными трубами. Это позволяет воде внутри труб нагреваться, частично испаряться и, следовательно, становится легче, что позволяет ей подниматься вверх в барабан. При этом более холодная вода из опускных труб замещает уходящую паром воду в барабане. Сформированный пар собирается в верхней части барабана и направляется в трубы пароперегревателя - 1. Расход пара из барабана -4 компенсируется подачей воды из экономайзера -3. 1Подача воды позволяет воде многократно проходить через испарительные трубы, прежде чем она полностью испарится. Именно поэтому такой тип котла-утилизатора называется котлом с естественной циркуляцией.

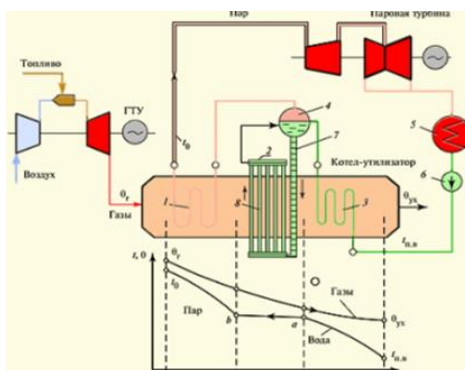


Рисунок 1. Принципиальная схема простейшей парогазовой установки утилизационного типа.

Утилизационные парогазовые установки являются важным элементом современной энергетики. Они позволяют повысить эффективность производства электроэнергии и снизить нагрузку на окружающую среду, так как позволяют использовать тепло, которое ранее уходило в атмосферу как отходящие газы. Компоненты утилизационной парогазовой установки:

- Газотурбинная установка- этот компонент преобразует химическую энергию топлива в механическую энергию, которая используется для вращения генератора, производящего электроэнергию.
- Утилизационный котел –теплообменник, в нем отходящие газы из газотурбинной установки проходят через специальный теплообменник, где тепло от горячих газов передается питательной воде, что приводит к образованию высокодавления пара.
- Паровая турбина, которая использует высокодавленый пар для приведения в движение турбины, которая, в свою очередь, вращает генератор для производства электроэнергии.
- Конденсатор, в нем отработанный пар охлаждается и конденсируется обратно в жидкость.
- Питательный насос, который повышает давление питательной воды и направляет ее обратно в утилизационный котел-теплообменник для повторного использования.

Безусловно, такие установки имеют ряд преимуществ. Например, эти установки позволяют более полно использовать энергию топлива, что повышает эффективность производства электроэнергии. Также путем улавливания и использования тепла, утилизационные установки снижают выбросы тепловой энергии в атмосферу, что способствует снижению вредных выбросов.

Помимо этого, использование тепла, которое ранее не использовалось, позволяет сэкономить топливо и снизить эксплуатационные расходы. Утилизационные парогазовые установки могут быстро реагировать на изменения нагрузки, что делает их подходящими для обеспечения стабильности в электроэнергетических системах. Утилизационные парогазовые установки находят применение в различных отраслях:

- В муниципальном секторе установки используются для обработки твердых коммунальных отходов и производства энергии для городских нужд.

- Многие промышленные предприятия используют утилизационные парогазовые установки для уменьшения отходов и получения дополнительной энергии.
- Утилизационные установки могут обрабатывать медицинские отходы, обеспечивая безопасное и экологически чистое уничтожение инфекционных отходов.
- В сельском хозяйстве утилизационные парогазовые установки могут перерабатывать органические отходы в удобрения и энергию.

С развитием технологий и осознанием важности устойчивого обращения с отходами, утилизационные парогазовые установки имеют потенциал стать ещё более важными в будущем. Новые инновации в этой области могут повысить эффективность и уменьшить затраты на эксплуатацию установок. Особое внимание уделяется совершенствованию системы очистки выбросов и снижению вредных воздействий на окружающую среду.

Если разработать больше новых методов утилизации, таких как например, использование утилизационных установок для превращения пластика в синтез-газ и далее в полезные химические вещества, будет способствовать уменьшению проблемы загрязнения пластиком.

Таким образом, утилизационные парогазовые установки представляют собой перспективное решение для обращения с отходами, сочетая в себе энергоэффективность, экологическую устойчивость и экономическую эффективность. Их широкий спектр применения делает их неотъемлемой частью стратегии устойчивого развития и содействует улучшению экологической обстановки на планете.

1. Усмонов, Н. О. Особенности использования парогазовых установок на ТЭС / Н. О. Усмонов, Ф. Ш. Умарджанова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 11 (115). — С. 518-522.
2. Цанев, С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов. – М.: МЭИ, 2002. – 584 с.
3. Баринберг, Г.Д. Модернизация энергоблоков с паровыми теплофикационными турбинами / Г.Д. Баринберг, А.Е. Валамин, А.Ю. Култышев // Надежность и безопасность энергетики. – 2009, июнь. – № 2 (5). – С. 57-61.

Сумбаев С.Ю.

Новейшие технологии, позволяющие сделать инверторы более адаптивными к различным условиям

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-447

Аннотация

Автономные инверторы напряжения играют ключевую роль в современных энергетических системах, обеспечивая переход постоянного тока в переменный для питания различных устройств. Однако, чтобы обеспечить эффективную и надежную работу, необходимо постоянно совершенствовать их функциональность.

Ключевые слова: автономный инвертор напряжения, эффективность инвертора, снижение потерь, надежность, стоимостно-эффективные решения, традиционные технологии.

Abstract

Autonomous voltage inverters play a key role in modern energy systems, providing the transition of direct current to alternating current to power various devices. However, in order to ensure efficient and reliable operation, it is necessary to constantly improve their functionality.

Keywords: autonomous voltage inverter, inverter efficiency, loss reduction, reliability, cost-effective solutions, traditional technologies.

В мире постоянно растет потребность в эффективном и экологически чистом использовании энергии. Один из ключевых элементов в этом процессе - инверторы, устройства,

которые преобразуют постоянный ток (DC) в переменный ток (AC) и играют важную роль в солнечных панелях, ветряных генераторах, электромобилях и других системах энергоснабжения. С развитием новых технологий инверторы становятся все более адаптивными к различным условиям, что способствует эффективному использованию возобновляемых источников энергии.

Автономные инверторы напряжения являются важными компонентами для современных систем энергопитания, таких как солнечные электростанции, ветряные генераторы, резервные источники энергии и домашние энергосистемы. Они позволяют преобразовывать постоянное напряжение (DC) от батарей или других источников в переменное напряжение (AC), необходимое для питания электрических устройств. Эффективность является одним из ключевых показателей качества инвертора. Она определяет, как много энергии потеряется в процессе преобразования. Современные методы улучшения эффективности включают:

- Использование современных полупроводниковых материалов и компонентов с высоким КПД способствует уменьшению потерь энергии в процессе преобразования. Применение силовых транзисторов с низким сопротивлением, улучшенных диодов и высокоэффективных трансформаторов может значительно повысить общую эффективность инвертора.
- Адаптивное управление нагрузкой позволяет инвертору автоматически регулировать выходную мощность в зависимости от потребностей подключенных устройств. Это способствует минимизации потерь и оптимизации энергопотребления.
- Применение высокочастотного модулирования (PWM) позволяет улучшить форму выходного сигнала инвертора и снизить уровень гармоник, что способствует повышению его эффективности.
- Надежность является критическим аспектом автономных инверторов, особенно в контексте критических систем электропитания. Некоторые способы повышения надежности включают:
- Установка нескольких инверторов с возможностью автоматического переключения между ними в случае сбоя позволяет обеспечить непрерывное электропитание в случае отказа одного из устройств.

Инверторы были значительно усовершенствованы в последние десятилетия, и сегодня они способны работать в разнообразных условиях, обеспечивая надежное и стабильное преобразование энергии. Вот несколько новейших технологий, которые делают инверторы более адаптивными:

- МРРТ-трекинг максимальной мощности (Maximum Power Point Tracking)- эта технология позволяет солнечным панелям и ветряным генераторам находить оптимальную точку работы, что повышает эффективность преобразования энергии. Инверторы с МРРТ-трекингом максимальной мощности могут адаптироваться к изменениям интенсивности солнечного света или ветровым условиям, обеспечивая максимальное производство энергии.
- Гибридные инверторы способны работать как с возобновляемыми источниками энергии, так и с традиционной сетью электропитания. Они могут автоматически переключаться между различными источниками энергии в зависимости от текущих условий и потребностей, что повышает надежность и эффективность систем.
- Внедрение более совершенных силовых полупроводников позволяет инверторам работать с более высокой эффективностью и уменьшать потери энергии в процессе преобразования. Это делает инверторы более адаптивными к разным условиям и позволяет им работать дольше без сбоев.

- Современные инверторы часто имеют встроенные системы мониторинга и возможность удаленного управления. Это позволяет операторам наблюдать за работой инверторов в реальном времени и вносить коррективы, когда это необходимо, что делает их более адаптивными к изменяющимся условиям.

Добавление дополнительных защитных механизмов, таких как защита от перегрева, короткого замыкания и перенапряжения, помогает предотвратить повреждения инвертора и снизить вероятность отказов. Улучшение автономных инверторов напряжения играет важную роль в обеспечении эффективного и надежного электропитания. Выбор правильных технологий, оптимизация процессов и учет современных требований способствуют созданию инновационных решений в этой области. Применение описанных методов позволит создать инверторы с более высокой эффективностью, надежностью и функциональностью, что способствует развитию энергетики будущего.

Наиболее существенная нелинейная характеристика инвертора искажает форму его выходного тока (рисунок 1), существует ли "Мертвое время". Однако другие нелинейности (влияние паразитной емкости, задержка срабатывания кнопки включения, задержка сигнала канала управления ключом, падение напряжения на открытом ключе) создают серьезные препятствия для достижения высококачественного управления двигателем на низких оборотах. На рисунке 1 представлен график тока асинхронного двигателя, питаемого от преобразователя частоты, при работе на низкой скорости.

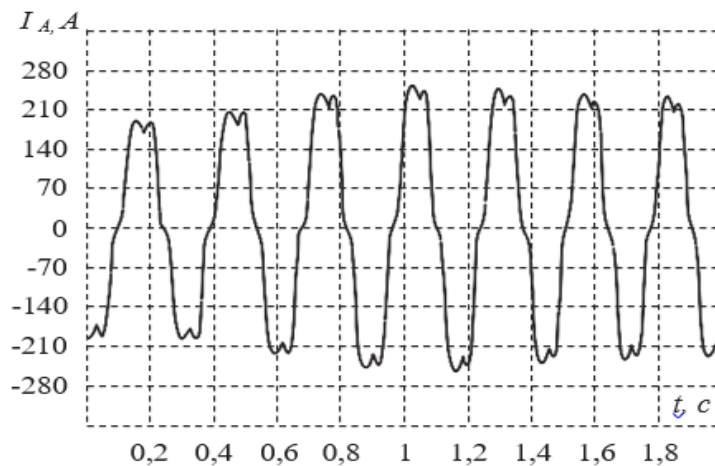


Рисунок 1. График тока асинхронного двигателя, который питается от преобразователя частоты при работе на низких частотах вращения.

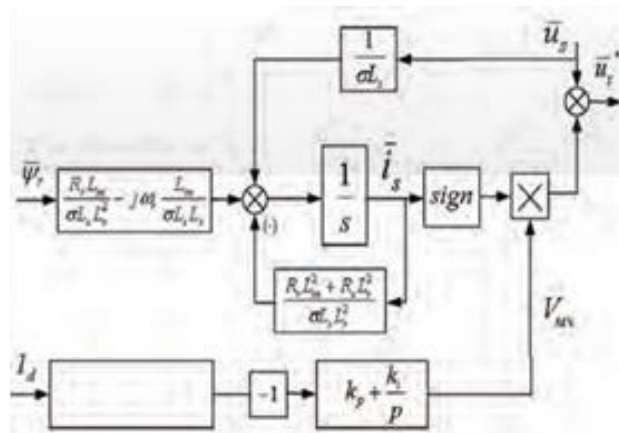


Рисунок 2. Структура предлагаемого метода компенсации нелинейных характеристик инвертора напряжения.

В рамках этой работы был разработан новый метод компенсации нелинейных характеристик инвертора, структура которого показана на рисунке. 2. Предлагаемый способ основан на использовании адаптивного наблюдателя тока, что позволяет придать ему большую стабильность при воздействии электромагнитных помех на канал измерения тока статора машины. В качестве показателя качества компенсации предлагается использовать диапазон пульсаций реактивного тока двигателя, что имеет существенное преимущество перед использованием интегрального метода оценки качества кривой выходного тока с точки зрения частоты вращения.

Таким образом, предложенный метод обладает многими преимуществами, и его работоспособность была подтверждена математическим моделированием и физическими экспериментами. Его использование в системах управления приводами переменного тока позволяет расширить диапазон регулирования угловой скорости за счет бесконтактного управления.

Улучшение автономных инверторов напряжения — это многогранный процесс, который объединяет в себе различные аспекты, такие как эффективность, надежность, стоимостно-эффективность и интеграция с новейшими технологиями и возобновляемыми источниками энергии. Только путем постоянного исследования, инноваций и улучшения производства мы сможем создать более устойчивую, доступную и эффективную энергетическую систему на основе автономных инверторов напряжения.

Будущее принадлежит технологиям, способным обеспечивать надежную и экологически чистую энергию, и автономные инверторы играют ключевую роль в достижении этой цели. Совместными усилиями и инновациями в этой области мы можем сделать значительный вклад в создание устойчивой энергетической будущего поколения.

1. Принципы работы микроконтроллеров [Электронный ресурс] – Режим доступа - <https://it.wikireading.ru/hcj2UknV7w>
2. Анализ рынка микроконтроллеров. Прошлое и настоящее. [Электронный ресурс] – Режим доступа - <https://commarketru.com/mikrokontrollery-proshloe-i-nastoyashhee/>

Сумбаев С.Ю.

Различные типы ветрогенераторов, их конструктивные особенности и потенциал для будущего развития энергетики

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-448

Аннотация

Ветрогенераторы являются важными элементами современных возобновляемых источников энергии, обеспечивая чистое и устойчивое производство электроэнергии. Конструктивные особенности ветрогенераторов играют решающую роль в их эффективности, надежности и стоимости.

Ключевые слова: ветрогенераторы, возобновляемые источники энергии, конструктивные особенности, эффективность ветрогенераторов, надежность ветрогенераторов, инновации в энергетике.

Abstract

Wind turbines are important elements of modern renewable energy sources, providing clean and sustainable electricity production. The design features of wind turbines play a crucial role in their efficiency, reliability and cost.

Keywords: wind generators, renewable energy sources, design features, efficiency of wind generators, reliability of wind generators, innovations in energy.

В современных условиях растущего интереса к экологической устойчивости и уменьшению выбросов парниковых газов, ветрогенераторы становятся все более популярными и эффективными средствами для производства электроэнергии. Они используют энергию ветра для вращения лопастей и преобразования механической энергии в электрическую.

Конструктивные особенности горизонтально-осевых ветрогенераторов

Горизонтально-осевые ветрогенераторы являются наиболее распространенным типом и представляют собой турбины с горизонтальной осью вращения лопастей. Рассмотрим следующие конструктивные особенности:

Лопастей

Оптимальная форма и длина лопастей играют ключевую роль в эффективности и мощности ветрогенератора. Использование легких, но прочных материалов позволяет уменьшить массу лопастей и повысить их эффективность.

Генератор

Выбор и оптимизация генератора влияет на производительность ветрогенератора. Современные генераторы с постоянными магнитами или асинхронные генераторы обеспечивают более высокую эффективность и надежность.

Конструктивные особенности вертикально-осевых ветрогенераторов

Вертикально-осевые ветрогенераторы отличаются от горизонтальных своей архитектурой, в которой лопасти располагаются вокруг вертикальной оси. Рассмотрим следующие особенности:

Конструкция оси

Удобство вертикального размещения лопастей позволяет создавать компактные вертикальные ветрогенераторы. Они могут быть установлены в ограниченных пространствах и не зависят от направления ветра.

б) Материалы лопастей

Использование прочных и устойчивых к коррозии материалов для лопастей позволяет повысить надежность и долговечность вертикальных ветрогенераторов.

Анализ конструктивных особенностей современных ветрогенераторов позволяет понять, как различные технологические решения влияют на их эффективность и надежность. Горизонтально-осевые и вертикально-осевые ветрогенераторы имеют свои преимущества и ограничения, и дальнейшее исследование в этой области может помочь оптимизировать конструкции и создать более эффективные источники возобновляемой энергии. В развитии энергетической инфраструктуры будущего ветрогенераторы играют ключевую роль и способны значительно уменьшить зависимость от традиционных источников энергии, содействуя более устойчивому будущему для нашей планеты. При непрерывном развитии промышленности и технологий вопрос энергосбережения сегодня стоит очень остро, что привело к значительному удорожанию электроэнергии, увеличению затрат предприятий и удорожанию продукции, производимой предприятиями. В настоящее время энергия ветра является одной из основных альтернатив производству экологически чистой энергии. Многие страны увеличивают долю производства электроэнергии с помощью ветряных турбин. С технической точки зрения возможно внедрить большое количество ветроэнергетических мощностей в энергетическую систему страны, но с теоретической точки зрения исследований очень мало.

Законодательная база доказывает важность вопросов энергосбережения на национальном уровне. В целях создания соответствующего механизма 27 декабря 2010 года в соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации № 2446-р был принят план "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года" [1]. Его цель - активизировать работу предприятий различных отраслей экономики и жилищно-коммунального хозяйства за счет энергосбережения, повышения энергоэффективности и более широкого использования возобновляемых источников энергии, а также развиваться в направлении рационального использования топлива и

энергии. Ветряная турбина - это устройство, которое генерирует электрическую или механическую энергию путем преобразования воздушных потоков для последующего использования потребителями [2].

Большинство современных ветряных турбин имеют недостатки, связанные со значительными нагрузками на элементы конструкции и повышенным уровнем шума при эксплуатации. Особенностью ветряных турбин является способность работать при низких скоростях ветра. Благодаря использованию ветряных турбин становится возможным обеспечивать электроэнергией потребителей в районах, удаленных от централизованного электроснабжения. Принцип работы ветряных турбин очень прост. Воздушный поток оказывает давление на лопасти ветроколеса. Под воздействием ветра ветроколесо (ротор с лопастями и низкооборотным валом) начинает вращаться, преобразуя энергию ветра в механическую. От низкооборотного вала через коробку передач механическое движение передается на вал электрогенератора. Когда ротор электрогенератора вращается, механическая энергия преобразуется в электрическую.

В настоящее время используются два основных типа ветряных турбин, и конструктивные различия включают в себя положение оси вращения элемента и улавливание ветра. Есть ветрогенератор:

- С горизонтальной осью вращения
- С вертикальной осью вращения
- 1) Ось вращения с горизонтальной осью

В настоящее время наиболее популярными являются ветряные турбины с горизонтальной осью вращения. Они имеют ось вращения ветроколеса, и их лопасти вращаются против ветра, параллельно земле. Горизонтальная ветряная турбина сконструирована таким образом, что передняя часть ветроколеса в поисках ветра автоматически поворачивается. Основываясь на большом количестве исследований, этот тип генератора подходит для выработки большого количества электроэнергии.

Преимущество ветряных турбин с вращением по горизонтальной оси заключается в том, что они более эффективны, чем модели с вращением по вертикальной оси. Это связано с меньшим углом атаки в данном рабочем режиме.

Рассмотрим конструктивное исполнение горизонтальных ветряных турбин. Однолопастная ветряная турбина Основным преимуществом однолопастной ветряной турбины является высокая скорость. Они оснащены противовесом вместо второй лопасти, который мало влияет на сопротивление движению воздуха, что позволяет использовать их для высокоскоростных генераторов, в том числе асинхронных. Однолопастные ветряные турбины могут работать при очень слабом ветре.

б) Двухлопастная ветряная турбина - конструкция аналогична конструкции однолопастной ветряной турбины, но количество лопастей другое. По сравнению с конструкциями с одним лезвием у них есть преимущества. Поскольку количество лопастей здесь четное, ротор ветроколеса остается сбалансированным при любом угле наклона его лопастей. Следовательно, нет никакого дополнительного конструктивного элемента, обеспечивающего равновесие конструкции. Упрощение конструкции привело к снижению стоимости данной модификации по сравнению с аналогичной моделью однолопастной ветряной турбины.

с) Трехлопастная ветряная турбина

Наиболее распространенной моделью являются трехлопастные ветряные турбины. Поэтому эти ветряные турбины наиболее широко представлены на рынке. Доступны ветряные турбины с тремя лопастями мощностью от нескольких ватт до нескольких мегаватт [3].

2) С вертикальной осью вращения

Ветрогенераторы различных типов играют важную роль в производстве чистой энергии и снижении зависимости от ископаемых топлив. Благодаря инновациям в технологиях и росту интереса к ветроэнергетике, этот сектор имеет большой потенциал для

будущего развития. Эффективные ветрогенераторы способствуют устойчивости энергетической системы и снижению негативного воздействия на окружающую среду. С развитием новых технологий и инноваций, ветроэнергетика будет продолжать приводить мир к более экологически чистой и устойчивой энергетике.

1. Синчук О.Н. Тяговые статические преобразователи: Учебное пособие. Выбор структур тяговых статических преобразователей. – Х.: УкрГАЖТ, 2004. – 102 с.
2. Осадчук Ю.Г., Козакевич И.А., Синчук И.О. Алгоритм компенсации эффекта «мертвого времени» в трехуровневых инверторах напряжения // Электромеханические и энергосберегающие системы. – Кременчуг, КДПУ, 2010. – Вып. 1/2010. – С. 38–42

Филиппов В.В., Филиппов Р.В.

Использование диоксида углерода в энергетических установках

*ФГБУН «Всероссийский институт научно-технической информации
Российской академии наук»
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-449

Аннотация

Рассмотрены направления по повышению эффективности энергетических установок с использованием диоксида углерода в качестве рабочей жидкости.

Ключевые слова: диоксид углерода, сверхкритические параметры, тепловые циклы, энергетические установки, эффективность.

Abstract

Directions enhancement of efficiency of thermal power units based on using carbon dioxide as working fluid are considered

Keywords: carbon dioxide, supercritical parameters, thermal cycles, thermal power units, efficiency.

Благодаря уникальным свойствам диоксида углерода (CO₂) - давление и температура в области критической точки - возможны разработки компактных конструкций турбомашин с высокой эффективностью для CO₂ в качестве рабочей жидкости. Данная жидкость имеет как эксплуатационные преимущества: низкая критическая температура (31⁰С) и умеренное критическое давление (7,4 МПа), так и экономические (низкий потенциал глобального потепления). Главной характеристикой CO₂ в сверхкритическом состоянии (sCO₂) является его способность обеспечивать высокую эффективность в широком диапазоне применения для топливных электростанций (ЭС), для ядерной энергетики, в циклах с промежуточными уровнями температур, таких как: концентрированные солнечные ЭС, утилизация отработанного тепла, ядерные реакторы. Одним из эксплуатационных преимуществ является снижение затраты мощности на сжатие при работе вблизи критической точки на входе компрессора, а кроме того создает однофазный поток и обеспечивает большее сжатие в системе. В частности, в солнечных ЭС применение sCO₂ ведет к прямому нагреву коллекторов, повышая эффективность системы.

Цикл sCO₂ использует CO₂ в качестве рабочей жидкости для рекуперации тепла от теплового источника, генерируя пары CO₂ для привода турбины. В этом случае одним из основных преимуществ цикла sCO₂ является возможность значительного увеличения температуры газа на входе в турбину, что позволяет увеличить тепловой КПД ЭС в соответствии со вторым законом термодинамики.

Цикл на CO₂ со сверхкритическими параметрами является закрытым, рекуперативным циклом тепловой машины с рабочей жидкостью сверх критической точки диоксида углерода

(1). Основной модификацией рекуперативного цикла является разделение горячего потока CO_2 в нижней части рекуператора, что позволяет снизить отвод тепла для усиления эффективности. Это является широко распространенным вариантом рекомпрессионного $s\text{CO}_2$ - цикла с коэффициентом давления цикла (PR) около 3:1 и максимальной температурой цикла до 760°C . Дальнейшая модификация обычного рекуперативного цикла, известная как частичное охлаждение, влечет за собой добавление предварительных охладителя и компрессора перед повторным компрессором, при этом происходит разделение потока на выходе из предварительного компрессора. Это позволяет повысить PR цикла и производительность установки.

Цикл $s\text{CO}_2$ Брайтона представляет собой систему преобразования энергии, которая сочетает в себе преимущества парового цикла Ренкина, так и газотурбинной системы. Жидкость сжимается в несжимаемой области, и более высокая температура на входе в турбину может использоваться с меньшими материальными затратами по сравнению с паровым циклом Ренкина. Для CO_2 вблизи критической точки коэффициент сжимаемости снижается до 0,2 – 0,5, тем самым существенно уменьшая работу сжатия. Кроме того, поскольку $s\text{CO}_2$ менее агрессивен, чем водяной пар при той же температуре, он повышает температуру на входе в турбину без разрушения материала из-за коррозии. Энергетический цикл $s\text{CO}_2$ может эффективно использоваться в области умеренных температур на входе в турбину ($500 - 900^\circ\text{C}$), а также обеспечить лучшую стабильность работы с использованием традиционных конструкционных материалов и надежность преобразования энергии. Одним из главных преимуществ цикла Брайтона с $s\text{CO}_2$ является компактная турбомашина. Система работает за пределами критической точки, поэтому жидкость остается плотной на протяжении цикла. Объемный расход уменьшается по мере увеличения плотности жидкости, в результате чего турбомашина в 10 раз меньше, а общий размер системы может быть уменьшен до 4 раз, а тепловой КПД увеличен до 5% по сравнению с паровым циклом Ренкина.

До начала 2000-х годов применение технологии энергетического цикла $s\text{CO}_2$ не использовались в связи с отсутствием материалов, выдерживающих высокую температуру и давление, высокоэффективных теплообменников с малыми потерями давления, что необходимо для работы с низким PR цикла. Затем произошел ренессанс в исследованиях $s\text{CO}_2$ - циклов для выработки электроэнергии на АЭС, солнечных ЭС с концентраторами энергии, топливных (угольных и газовых) ЭС, утилизации сбросного тепла. Актуальность использования возобновляемых источников энергии мотивирует исследователей к разработке $s\text{CO}_2$ - циклов на солнечной энергии. Исследована эффективность усовершенствованного цикла Брайтона с $s\text{CO}_2$, интегрированного с системами концентрированной солнечной энергии и рекуперации сбросного тепла (2). Изучение 5 циклов Брайтона с $s\text{CO}_2$ для нижнего цикла показало, что наибольший КПД наблюдается для циклов с двойным нагревом и двойным расширением (29,18%), затем для цикла Кизми (27,73%) и каскадного цикла (26,29%). Использование $s\text{CO}_2$ в качестве теплоносителя может повысить выходную мощность системы электрогенерации с утилизацией сбросного тепла. Представляют интерес примеры исследований утилизации сбросного тепла газовой турбины с усовершенствованным циклом рекомпрессии и цикла частичного охлаждения с точки зрения энергии и эксергии (3), а также утилизации отработанного тепла от газовых судовых турбин (4).

Экспериментальный опыт ограничен пока маломасштабными пилотными установками с замкнутым циклом (5). Разработки циклов со сжатием кислорода (Грэк, Марионт) не получили дальнейшего распространения. Цикл Марионта объединяет цикл Ренкина на $s\text{CO}_2$ и регенеративный цикл Брайтона с повторным нагревом. Вариантом вышеуказанных циклов является цикл Аллама, где в качестве замедлителя горения используется CO_2 с давлением 300 бар. В этом цикле поток рабочей жидкости в камере сгорания состоит из 95% CO_2 , 5% приходится на кислород и топливо. Кислород для камеры сгорания генерируется установкой криогенного воздухоотделения (ASU). Диоксид углерода

выводится из цикла на выходе из конденсатора для поддержания массового баланса цикла (полузакрытый цикл). В упрощенной схеме полузакрытого цикла при исключении ASU и замене камеры сгорания теплообменником конфигурация цикла преобразуется в простой рекуперативный (закрытый) цикл $s\text{CO}_2$. Разработчики технологии объявили о потенциальных проектах с нулевым углеродом для коммерческих ЭС мощностью 300 МВт на основе цикла Аллама - Фетведта (AFC). В последнее время цикл Аллама привлекает все больше внимание. Испытательная установка мощностью 50 МВт была апробирована с кислородно-топливной камерой сгорания и турбиной в Ла Порте (Техас, США). Она поставляла электроэнергию в электросеть ERCOT. На международном симпозиуме по силовым циклам на $s\text{CO}_2$, проведенном в феврале 2022 г. (Техас), компания NET POWER сообщила о наработке 900 ч. при давлении 300 бар с температурой на входе в турбину 1000°C в Ла Порте. Установка была синхронизирована с электросетью ERCOT со стабильным и регулируемым режимом пуска и остановки. Также был продемонстрирован компактный теплообменник-рекуператор на основе никелевого сплава. Предложена разработка и конфигурация ЭС по технологии AFC без установки ASU для генерации кислорода, который поставляется через трубопроводную линию от другого объекта с помощью компрессора с электродвигателем мощностью 60 МВт. Для базового варианта этой ЭС температура газов на входе в турбину составляет 900°C . Предложены накопители тепловой энергии для энергетических циклов на $s\text{CO}_2$. Расплавленная соль (до 565°C) как накопитель тепловой энергии может использоваться с энергетическим циклом на $s\text{CO}_2$ с концентрированной солнечной энергией. Эта технология предложена Heliegen для 5 МВт системы с турбомашинами при температуре на входе турбины 600°C с разделенными потоками (рекомпрессионный цикл Брайтона) с предполагаемой эффективностью 68%. В настоящее время пока нет достаточного опыта эксплуатации турбин и ЭС на $s\text{CO}_2$. Разработан проект по продвижению высокоэффективной компрессионной системы с эффективностью работы компрессора 80%. Эта система состоит из двух компрессоров мощностью по 2 МВт отдельного рекомпрессионного цикла $s\text{CO}_2$. Система рассматривается как модульный энергетический блок для солнечной ЭС с концентраторами (CSP). Силовая установка включает четырехступенчатый расширитель (детандер) мощностью 14 МВт с температурой на входе в турбину 715°C и давлением 250 бар и массовым потоком $s\text{CO}_2$ 85 кг/с. Разработана трехступенчатая турбина STEP с увеличенным сроком службы корпуса и ротора (100 тыс. вместо 20 тыс. ч.), с улучшенными аэродинамическими характеристиками и управлением температурным режимом. На первом этапе предполагается вариант с рекуперацией для режима с температурой на входе в турбину 500°C . На втором этапе будет использован цикл повторного сжатия (цикл разделения потоков) с несколькими компрессорами и теплообменниками для работы с температурой на входе в турбину 715°C .

Значительные инвестиции вкладываются в работы по исследованию и разработки технологий циклов с $s\text{CO}_2$. Ожидается, что силовая энергетическая установка STEP будет введена в эксплуатацию в конце 2023 г. Проведены работы по созданию пилотного проекта ЭС на $s\text{CO}_2$ мощностью 10 МВт для объекта в штате Техас (США) в соответствии с программой STEP (циклы с $s\text{CO}_2$ для генерации электроэнергии) с целью усовершенствования высокотемпературного цикла с $s\text{CO}_2$ с увеличением TRL от 3 до 7 с объемом федерального финансирования \$84 млн.

Достижение полезного КПД на ЭС, работающим по циклам с $s\text{CO}_2$, свыше 50% стимулирует развитие новых технологий для турбомашин, теплообменников, уплотнений, подшипников и других конструктивных элементов. В научных лабораториях США активно проводят исследования по применению $s\text{CO}_2$ к CSP и ядерной энергетике, по вопросам горения, аэродинамики и теплообмена в циклах с $s\text{CO}_2$. Так, в национальной лаборатории Sandia исследуется проблема по увеличению температуры на входе в турбину до 1000°C в приложении к CSP, чтобы значительно повысить эффективность цикла. Для достижения этой цели проводится комплексная разработка теплообменника с низкими потерями давления (менее 2%) с использованием монтажно-печатной технологии, а также никелевых сплавов.

Изготовление таких конструкций требует использования лазерной сварки, 3D-печати, электрохимической и электроэрозионной обработки поверхности. Одним из главных вопросов в STEP программе является возможность сохранения целостности деталей при тепловых ударах в режимах пуска - остановки и скачкообразных изменений нагрузки. Применение новых технологий при производстве теплообменников, таких как: прямое лазерное плавление высокопрочных сплавов, 3D-струйная печать дает возможность работы при температуре на входе турбины до 950°C с давлением 250 бар при потере давления менее 0,5 %.

Диоксид углерода со сверхкритическими параметрами зарекомендовал себя как перспективная рабочая жидкость в различных тепловых циклах и будет широко применяться в будущем в теплоэнергетике.

1. F. Crespi et al. Supercritical carbon dioxide cycles for power generation. *Appl. Energy*, 2017, p. 152 – 183.
 2. Saad Alshahrani et al. Performance investigation of supercritical CO₂ Brayton cycles in combination with solar power and waste heat recovery systems. *J. Sol. Energy Eng.*, 12. 2022, 144, №6, p. 061004/1 - 061004/12.
 3. Zhang Lie et al. Energy, exergy and economic (3E) study on waste heat utilization of gas turbine by improved recompression cycle and partial cooling cycle. *Energy Sources, A*, 2023, 45, №2, p. 4127 - 4145.
 4. Qin Lei et al. Thermodynamic analysis and multiobjective optimization of a waste heat recovery system with a combined supercritical/transcritical CO₂ cycle. *Energy*, 2023, 265, p. 126332.
 5. C. Gulen Bechtel. Working fluid for future? *Modern Power Systems*, 22.03.2023.
 6. Liu Bohan. Thermal-hydraulic analysis of printed circuit heat exchanger precooler in the Brayton cycle for supercritical CO₂ waste heat recovery. *Appl. Energy*, 2022, 305, p. 117923.
-

РАЗДЕЛ XXVII. ТРАНСПОРТ

Луняка А.Н.

Первоначальное обучение вождению транспортных средств

*Новосибирский военный институт войск национальной гвардии
(Россия, Новосибирск)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-450

Аннотация

В статье указаны основные требования к управлению транспортным средством. Даны рекомендации по правильной посадке водителя, расположение рук и ног.

Ключевые слова: автомобиль, водитель, безопасность вождения, посадка, действия за рулем.

Abstract

The article indicates the basic requirements for driving a vehicle. Recommendations are given on the correct seating of the driver, the position of the arms and legs.

Keywords: car, driver, driving safety, landing, actions behind the wheel.

Посадка водителя за рулем основа всех правильных действий за рулем. Не процесс посадки в том смысле, каким образом вы попадаете в салон автомобиля, а именно посадка (расположение) за рулем в процессе управления автомобилем. Сидеть за рулем должно быть удобно. Т.к. понятие «удобно» воспринимается людьми по-разному, необходимо уточнить: удобно не для того, чтобы листать журнал или смотреть в планшет (телефон). Посадка водителя за рулем должна быть такой, чтобы было удобно работать рычагами управления, удобно наблюдать обстановку вокруг автомобиля, и своевременно реагировать на ее изменение. Основные рычаги управления — это руль, педали, переключатель скоростей, вспомогательные — все остальные «рычажки», так или иначе имеющие отношение к управлению автомобиля в целом.

Как убедиться в том, что вы сидите за рулем правильно удобно? Для этого нужно своей спиной упереться в спинку кресла (сиденья), полностью выжать педаль сцепления до пола, и обратить внимание на положение своих рук и ног. Подгоните сиденье так, чтобы нога была не полностью выпрямлена, а чуть согнута в коленном суставе. При этом правая рука должна свободно дотягиваться до рычага переключения коробки передач в положении самой дальней от водителя передачи. Спина остается прижатой к спинке сиденья и ни в коем случае не должна скользить вверх! Если это происходит, значит, спинка сильно наклонена. Спинка сиденья должна быть в почти вертикальном положении — наклон примерно 10 градусов.

Несколько слов о наклоне спинки. Если обратить внимание на то, как сидят водители проезжающих мимо машин, то можно увидеть варианты от «почти вертикально» до «полулежа». Наверное, им так удобно. Но это их привычки, не ваши. Положение спины «почти вертикально, но с легким наклоном назад» оправдано физиологией организма. Дело в том, что вестибулярный аппарат человека эффективно работает только в таком положении (когда спина расположена почти вертикально). Т.е. в таком положении мозг корректно улавливает любое отклонение автомобиля: и вертикальной, и в горизонтальной плоскости, в т.ч. смещение с курса передней или задней оси автомобиля (снос или занос). В положении «полулежа» вестибулярный аппарат включается с опозданием, уход автомобиля с курса фиксируется организмом также с опозданием, чаще всего, когда уже поздно. И как следствие поздней реакции — несвоевременное применение контрмер для избежания ДТП.

Расстояние от груди до руля измеряется примерно так: Отрегулировав сиденье для удобства работы с педалью сцепления и тормоза, сядьте и прижмите лопатками к спинке

сиденья. Согните кисть любой руки в запястье, и положите изгибом на верхнюю точку рулевого колеса. Изгиб запястья должен лечь ровно на обод руля в его верхней точке. Рука при этом должна быть естественным образом чуть изогнута в локте. Далее, следует расположить обе руки на руле параллельно горизонтальной оси, закрытым хватом, в положении примерно «на 21 и 14 часов по циферблату». Попробуйте прочувствовать, как удобно держать руль. Чтобы лучше сориентировать положение рук на руле – есть один способ. Положите растопыренные ладони на обод руля, чуть выше горизонтальной оси, и слегка покрутите их в разные стороны. В какой-то момент каждая из ладоней как бы провалится в ямку. Это обод руля занял свое место в ладонях. Теперь можно сжать кисти рук вокруг обода руля — это и будет ваш правильный хват. При этом не следует сильно сжимать рулевое колесо. Кисти рук не должны быть напряжены. Угол между плечом и предплечьем при таком хвате и правильно отрегулированном сидении составляет примерно 120 градусов.

Далее, располагаем ноги. Педаль сцепления – для левой ноги, педали газа и тормоза – для правой. Пятка правой ноги располагается на полу между педалями газа и тормоза, носок правой ноги ложится на газ, а коленка при этом свободно «откидывается» вправо. Позднее необходимо будет научиться быстро переставлять правую ногу с газа на тормоз.

Некоторые курсанты на стадии обучения пытаются нажимать на тормоз левой ногой. Это грубая ошибка! Вы либо ускоряете автомобиль, нажимая на газ (правой ногой), либо тормозите (замедляете движение), нажимая на тормоз (опять же правой ногой). Левую ногу целесообразно расположить на упоре для ноги (маленькая площадка слева от педали сцепления) так, чтобы в любой момент можно было перенести ногу с упора на педаль сцепления. Если такого упора нет, то просто поставьте пятку на пол, а стопу облокотите на арку переднего колеса, так, чтоб вам было удобно. Чего категорически нельзя делать, это держать левую ногу на педали сцепления (так норовят сделать многие новички). В этом случае нога быстро устанет, и вдобавок можно «подпалить» сцепление, поскольку нога на педали будет «устранять» ее свободных ход. Еще не рекомендуется ставить левую ногу на пол, под педаль сцепления — из такого положения не всегда возможно быстро поставить ногу на педаль.

Приступаем к настройке зеркал заднего вида. Зеркала заднего вида бывают плоские и сферические или панорамные. Сферическое или панорамное – это слегка изогнутое зеркало, и в него видно чуть больше, чем в прямое. Которому именно отдать предпочтение это дело вкуса, можно попробовать и то и другое, но как говорят специалисты, в машине хоть одно зеркало должно быть прямым. Почему это так? Дело в том, что сферические зеркала отдалают картинку, тем самым искажая расстояние до тех, кто находится сзади вас. К таким зеркалам нужно будет сначала привыкнуть, одновременно учитывая расстояние отдаления. Прямые зеркала более «честные», хоть обзор в них меньше. И не стоит забывать про так называемые «мертвые (слепые)» зоны автомобиля. Это те зоны, которые в зеркала не видны. Поэтому в разных ситуациях все равно придется вертеть головой.

Регулировать зеркала следует таким образом: в салонном зеркале заднее стекло должно быть видно полностью, желательно с захватом правого заднего стекла, а в боковом зеркале заднего вида должна быть видна дорога и немного заднее крыло автомобиля. Линия горизонта в отражении проходит посередине зеркала.

Не забываем про ремни безопасности. Нужно просто запомнить правило: абсолютно все сидящие в автомобиле должны быть пристегнуты. Вы как водитель, — в первую очередь. И дело даже не в штрафе за не пристегнутый ремень, а в элементарной безопасности. К тому же, когда вы привыкните ездить с пристегнутым ремнем, то убедитесь, насколько комфортно ремень прижимает корпус тела к спинке кресла. А если вам случится в это время активно работать рулевым колесом, то поймете как это удобно и безопасно.

Если понаблюдать за проезжающими машинами, можно обратить внимание на то, как рулят разные водители. В первую очередь глаза отмечают позу, в которой они сидят, т.е. это посадка за рулем. Среди прочего, взгляд замечает, что один может держать руль двумя руками, другой рулит одной рукой, при этом вальяжно «раскинувшись» в кресле.

Еще один, когда рулит, держит сигарету, а кто-то на ходу разговаривает по телефону, вращая руль одной рукой. Некоторые во время движения умудряются одной рукой рулить, а второй рукой печатать смс в телефоне.

Увиденное может создать впечатление некой «крутости» водителя, и даже стать примером для подражания. Все это имеет место быть. Техническое оснащение современного автомобиля позволяет крутить руль не то, что одной рукой, а всего-лишь одним прикосновением ладони — настолько физически легко вращается руль. Но в экстренной ситуации подобный способ руления не позволит удержать автомобиль на нужной траектории. Причем, экстренная ситуация может возникнуть не только во время движения в гололед, но и в обычных условиях на сухой летней дороге. В процессе управления автомобилем руль следует держать двумя руками. Почему это так, ответ простой — потому что быстро вращать рулевое колесо можно только двумя руками. Поверьте, есть немало ситуаций, когда быстрая работа рулевым колесом является важной необходимостью. К тому же, вращая руль одной рукой, не всегда сразу удастся определить, куда «смотрят» передние колеса вашей машины, если точнее — в каком положении в данный момент они находятся. А знать это важно, потому, что куда направлены передние колеса — туда машина и едет.

Разумеется, руление одной рукой не возбраняется, например, на спокойном участке дороги. А в некоторых ситуациях руление в принципе возможно только одной рукой, например, при переключении передач. Просто нужно отдавать себе отчет, какие могут быть последствия.

1. Афанасьев Л.Л., Дьяков А.Б., Иларионов В.А. Конструктивная безопасность автомобиля. - М.: Машиностроение, 2004 г. — 212 с.
2. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.Э. Горев. — М.: Издательский центр «Ака - МИ151», 2004. — 288 с.
3. В. М. Власов, С. В. Жанказиев, С. М. Круглов «Техническое обслуживание и ремонт автомобилей», 2017 г. — 57 с.
4. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения. - М.: Транспорт, 2002 г. - 182 с.
5. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / И.В.Спирин. — М. : Издательский центр «Академия», 2003. — 400 с.

Матвеева Л.Л., Шевырев Л.Ю.

Особенности троллейбусного движения, преимущества и недостатки троллейбусной системы

*Донской государственный аграрный университет
(Россия, Зерноград)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-451

Аннотация

В данной статье рассмотрены недостатки организации троллейбусного движения и основные пути решения существующих проблем с учетом технических возможностей.

Ключевые слова: троллейбус, недостатки, пути решения, троллейбусная система, конечный пункт, оборотное кольцо.

Abstract

This article discusses the shortcomings of the organization of trolleybus traffic and the main ways to solve existing problems, taking into account technical capabilities.

Keywords: trolleybus, disadvantages, solutions, trolleybus system, final destination, reverse ring.

Развитие городского транспорта тесно связано с развитием городов. В настоящее время разрабатываются комплексные схемы развития всех видов городского пассажирского

транспорта для городов с численностью населения более 250 тыс. чел. При их разработке учитывается, что пассажирский транспорт будет развиваться в условиях интенсивного роста городов и насыщенности улично-дорожной сети средствами транспорта.

Троллейбусы по своим эксплуатационным показателям немногим отличаются от автобусов, однако для их движения требуется устройство тяговых подстанций и оборудование линий двухпроводной контактной сетью. Троллейбусы используются на внутригородских линиях, имеющих пассажиропотоки средней мощности.

При проектировании троллейбусной сети стремятся до минимума сократить число пересечений линий между собой и с линиями трамвая, т.к. пересечения и воздушные стрелки снижают скорость движения троллейбуса, а иногда вызывают его остановку из-за соскакивания токосъемника. Вместимость подвижного состава троллейбуса 74-139 пассажиров. По условиям надежности токосъема трассы троллейбусных линий прокладывают только по улицам с усовершенствованным капитальным покрытием. Продольный уклон троллейбусной линии не должен превышать 0,07 [4].

По маневренности троллейбусы уступают автобусам, что особенно ощутимо в условиях старых городов с улицами недостаточной ширины. Основное преимущество троллейбуса по сравнению с трамваем в том, что посадки и высадка пассажиров осуществляется непосредственно с тротуара. Кроме того, троллейбус при движении может отклоняться от оси контактного провода до 4,2 метра, что позволяет эксплуатировать его на улицах с интенсивным движением.

Для движения по коротким участкам пути, не оборудованным контактной сетью, а также для поддержания движения при перерывах энергоснабжения на троллейбусах могут быть установлены вспомогательные агрегаты, например, аккумуляторы, суперконденсаторы или двигатели внутреннего сгорания.

Для повышения провозной способности троллейбусных линий применяется подвижной состав с большим количеством пассажиро-мест, например, двухэтажные и сочлененные машины. Провозная способность обычной троллейбусной линии близка к провозной способности автобусной линии и составляет около 5000 пас/ч. Троллейбус находится на последнем месте по показателям скорости городского общественного транспорта. Показатели своевременности характеризуют свойства пассажирских перевозок, обуславливающие движение транспортных средств в соответствии с объявленным расписанием или другими установленными требованиями по времени их движения.

Конечные пункты троллейбусов имеют оборотные кольца. В первых троллейбусных системах на конечных пунктах устраивались треугольники. Обычно есть разветвления контактной сети для возможности отстоя троллейбусов, обгона различных маршрутов. Иногда устраиваются пункты контроля технического состояния, диспетчерские пункты. В пунктах контроля технического состояния производится прежде всего проверка сопротивления изоляции, состояния штанг, тормозов и прочих узлов, от которых зависит безопасность движения. На рисунке 1 представлен пример разворотного пункта троллейбусов [1].



Рисунок 1. Разворотный пункт троллейбусов.

Недостатки троллейбусной системы являются:

- первоначальные затраты на развёртывание троллейбусной системы выше, чем для автобусной, так как требует строительства тяговых подстанций и контактной сети [1];
- троллейбус потребляет больше электроэнергии, чем трамвай;
- провозная способность троллейбусной линии не превышает таковую у автобусной линии и всегда ниже чем у трамвайной линии;
- троллейбус очень чувствителен к состоянию дорожного покрытия и контактной сети. При необходимости проехать повреждённый участок дороги приходится значительно снижать скорость, чтобы избежать схода штанг с проводов контактной линии;
- троллейбусная сеть отличается сравнительно низкой гибкостью из-за привязки к контактной сети. Тем не менее, применение систем автономного хода и дуобусов отчасти решает эту проблему;
- в отличие от трамвая, кузов троллейбуса не заземлён, поэтому требуется принятие дополнительных мер обеспечения электробезопасности: контроль тока утечки, обеспечение двойной изоляции электроцепей, регулярные проверки состояния изоляции;
- конструкция спецчастей контактной сети (изгибов на поворотах, пересечений, стрелок, разделяемых соединений на разводных мостах) требует проходить их на пониженной скорости (иногда до 5 км/ч). Кроме того, существует опасность остановки на обесточенном участке на пересечении и троллейбусной стрелке, например при «подрезании» другим транспортом;
- фактически невозможен обгон одного троллейбуса другим, если это не предусмотрено контактной сетью - для этого необходимо опускать штанги на одном из троллейбусов;
- троллейбус чувствителен к обледенению контактных проводов. Плохой контакт приводит к быстрому износу контактных вставок, которые в этом случае приходится менять несколько раз за рабочую смену;
- контактная сеть троллейбуса загромождает улицы и площади городов, путаница проводов и подвесных тросов выглядит неэстетично и портит исторический облик города;
- троллейбус, не оснащённый системой автономного хода, не может отклониться от контактной сети более, чем на 4,5 метра, что иногда приводит к затруднениям при объезде дорожных заторов и повреждений контактной сети. Также при значительном отклонении от контактной сети необходимо снижать скорость во избежание схода штанг с проводов контактной сети [4].

Указанные недостатки можно устранить использованием усовершенствованных троллейбусов - троллейбус с блоком аккумуляторов. Такая модификация троллейбуса позволяет отклоняться от контактной сети, но время движения сильно ограничено зарядом блока аккумуляторов. Итогом такой модификации является повышение рентабельности на 2-5 % и эффективности на 1-2 %. Модифицированный троллейбус способен пройти 60 км без подзарядки [2,3].

Так или иначе, троллейбусу требуется контактная сеть. Через определенный промежуток времени заряд аккумуляторных батарей иссякнет и троллейбус остановится. Если такая ситуация произойдет в месте отсутствия контактной сети, троллейбус потребует транспортировать до ближайшей точки подзарядки, либо контактной сети. В итоге, даже блок аккумуляторных батарей не способен достаточно высоко поднять качество пассажирских перевозок на троллейбусе.

1. Афанасьев, А.С. Контактные сети трамвая и троллейбуса: учебник для СПТУ / А.С. Семенов. - М.: Транспорт, 1988. - 264 с.
1. Несмиянов, А.В. Совершенствование автобусного маршрута № 35 подвижным составом ООО "Русский транзит" г. Таганрога Ростовской области / А.В. Несмиянов, Л. Ю. Шевырев // Пути развития транспортно-технологических процессов и эксплуатации автомобильного транспорта: Материалы 74-ой Междун. науч.

- конф. (АЧИИ ФГБОУ ВПО ДонГАУ в г. Зернограде, 07 апреля - 11 июня 2015 г.). – Зерноград, 2015. – С. 63-64.
2. Бельц, А.Ф. Транспортная инфраструктура : практикум / А. Ф. Бельц, Л. Ю. Шевырев. – Зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственной аграрный университет" в г. Зернограде, 2016. – 52 с.
 3. Собесский, Р.Р. Автоматизированная радионавигационная система диспетчерского управления пассажирским транспортом АСУ-Навигация / Р.Р. Собесский, Л.Ю. Шевырев // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 69-2. – С. 53-56.

Орлова Л. В., Бубликова Н. Я., Романов Д. А.

Эффект психофизиологической надежности летных экипажей по решению проблемы безопасности полетов

*ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева»
(Россия, Ульяновск)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-452

Аннотация

Данная тема "Эффект психофизиологической надежности летных экипажей по решению проблемы безопасности полетов" исследует важность психофизиологической надежности летных экипажей для обеспечения безопасности полетов.

Работа включает анализ данных, полученных из исследований и эмпирических наблюдений в области психологии и физиологии летных экипажей. Рассматриваются методы тренировки и подготовки экипажей для повышения их психофизиологической надежности и способности принимать эффективные решения в непредвиденных ситуациях.

Цель исследования – выявить взаимосвязь между психофизиологической надежностью летных экипажей и уровнем безопасности полетов. Особое внимание уделяется роли стресса, физической и психической устойчивости, коммуникационных навыков и способностей принимать решения в экстренных ситуациях.

Результаты исследования позволят выявить факторы, влияющие на психофизиологическую надежность летных экипажей, и предложить рекомендации по улучшению тренировки и сопровождения летного персонала. Ожидается, что эти рекомендации приведут к повышению безопасности полетов и снижению риска возникновения авиационных происшествий.

Ключевые слова: психофизиологическая надежность, летные экипажи, безопасность полетов, решение проблем, тренировка, стресс, коммуникация, принятие решений.

Abstract

This topic "The effect of psychophysiological reliability of flight crews to solve the problem of flight safety" explores the importance of psychophysiological reliability of flight crews to ensure flight safety.

The work includes the analysis of data obtained from research and empirical observations in the field of psychology and physiology of flight crews. The methods of training and preparation of crews to increase their psychophysiological reliability and ability to make effective decisions in unforeseen situations are considered.

The purpose of the study is to identify the relationship between the psychophysiological reliability of flight crews and the level of flight safety. Special attention is paid to the role of stress, physical and mental stability, communication skills and the ability to make decisions in emergency situations.

The results of the study will allow us to identify factors affecting the psychophysiological reliability of flight crews and offer recommendations for improving the training and support of flight

personnel. It is expected that these recommendations will lead to improved flight safety and reduce the risk of accidents.

Keywords: psychophysiological reliability, flight crews, flight safety, problem solving, training, stress, communication, decision-making.

Основной целью расследования аспектов, связанных с человеческим фактором, является получение информации о причине авиационного происшествия, последовательности событий во время происшествия и его последствиях. Особое внимание уделяется изучению психофизиологических элементов, являющихся причинами многих авиакатастроф. Такие характеристики, как профессионально-интеллектуальное восприятие, способность принимать решения, целеустремленность, трудолюбие, усталость и инвалидность, будучи очень важными переменными, часто трудно идентифицировать. Даже когда они известны, их трудно измерить и задокументировать. Таким образом, связь между любым обнаруженным отклонением от стандартов и истинными причинами авиакатастроф почти всегда остается на уровне предположений. Несмотря на все трудности, ИКАО, используя накопленный опыт расследования и профилактики АА, разработала ряд концепций, декларирующих идею о том, что НФ, как наиболее сложный вид деятельности, является междисциплинарным по своей природе, основным отличием которого является то, что он носит прикладной характер и является более вероятно, она имеет скорее проблемную, чем дисциплинарную направленность, ее концептуальная связь с науками о человеке аналогична связи между проектной деятельностью и естественными науками. И точно так же, как технические прикладные науки соотносятся с естественными науками с практическими областями их применения, растет число сложных техник и методов в области влияния человека на оптимальность интерактивных систем. Многосторонний характер НФ с перекрытием интегрированных дисциплин позволяет нам рассматривать его как систему научных знаний о людях в среде, в которой они живут и работают; их взаимодействии с оборудованием, стандартами, правилами, окружающей средой, а также людьми между собой в их общей деятельности, т.е. под НФ мы будем понимать совокупность личных, медицинских и биологических факторов, определяющих оптимальные условия эксплуатации воздушного судна (А) и АТС [1].

Медико-психологический прогноз НФ в авиации на сегодняшний день не внушает оптимизма и свидетельствует о крайней сложности проблемы: летно-технические характеристики самолетов в ближайшие 10-15 лет будут неуклонно расти, в то время как психофизиологические характеристики человека останутся практически на прежнем уровне; агрессивность летного фактора возрастет в 1,5-3 раза, в то время как уровень защиты человека повысится максимум в 1,3 раза; условия эксплуатации воздушных судов усложнятся – сложность и продолжительность летной деятельности увеличатся в 2,5-3,5 раза, а время на принятие решений сократится на 50-70 процентов; умственное напряжение и степень усталости удвоятся или утроятся; изменятся и социально-экономические параметры: стоимость обучения и профессиональной переподготовки. физическая подготовка утроится. Все это свидетельствует о том, что расширенные возможности авиационной техники при отсутствии компенсации возрастающего влияния неблагоприятных факторов на организм человека будут препятствовать достижению необходимой эффективности деятельности авиационных специалистов, воздушных судов и авиации в целом, а также снижат уровень безопасности полетов.

Таким образом, можно утверждать, что человеческий фактор в авиации действует как экономическая реальность. Достаточно отметить, что 30-40 процентов убытков, связанных с повреждением оборудования, государство несет из-за проблем с профессиональной и психофизиологической надежностью экипажей воздушных судов и обслуживающего персонала. Недавно, наконец, была сформирована концепция НФ, суть которой заключается в том, что основным компонентом интерактивной системы “экипаж - воздушное судно - окружающая среда” является экипаж. Поэтому реалистичный способ повышения безопасности полетов в нынешних сложных условиях в авиации должен быть связан, с одной стороны, с

некоторыми комплексными действиями на государственном уровне, а с другой стороны, с изучением динамики развития критических ситуаций в профессиональной деятельности. Оценка компонентов интерактивной системы (экипаж – воздушное судно – среда – УВД) по отдельности не дает представления о различных процессах и взаимодействиях, которые характеризуют ее в целом. В качестве способа описания процессов управления этими элементами системы, обмена информацией и т.д. мы будем использовать модель ОБЛОЧКИ, рекомендованную ИСАО как расширенную версию модели “человек–машина– окружающая среда”, которая облегчает понимание системы HF [2].

Данные, необходимые для изучения этого центрального компонента модели, могут быть разделены на такие категории: физические, психологические и психосоциологические, и, кроме того, если физические факторы определяют физические способности и ограничения человека, то психофизиологические факторы связаны с самим индивидом, представляющим собой сложный организм, который состоит из огромного количества систем. Психологические и психосоциологические факторы компонента определяют то, что люди приносят в свои рабочие ситуации в результате своих знаний, опыта и интеллектуальных способностей. Это: профессиональная подготовка, знания, опыт и навыки пилотирования, восприятия и анализа информации, степень внимания и уровень работоспособности - нагрузка; индивидуальные особенности человека, его психическое и эмоциональное состояние, настроение и отношение к восприятию риска. Также учитываются события и стресс, а также отношения между членами экипажа и с соответствующими службами воздушного и наземного контроля.

1. Реброва О.Ю., Федорова Е.А. Психологические особенности формирования надежности летных экипажей. Вестник Южного федерального университета. Серия: Педагогика. Психология. 2015. № 12 (159). С. 133-140.
 2. Кузьмина Е.Н. Психофизиологические аспекты формирования надежности оперативного персонала в авиационных организациях. Вестник Воронежского государственного университета архитектуры и строительства. 2017. Т. 68. № 2. С. 153-158.
-

РАЗДЕЛ XXVIII. ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Галушина П.С.

Применение пищевых волокон в производстве мясных продуктов

Уральский государственный аграрный университет
(Россия, Екатеринбург)

doi: 10.18411/trnio-11-2023-453

Аннотация

По состоянию на 2023 год мясная промышленность в Российской Федерации активно развивается. При этом прогнозируется активный рост производства мясной продукции. Развитие мясной промышленности обусловлено рядом факторов. Особенно значимым фактором является развитие технологии производства и внедрение инноваций. Одним из перспективных направлений производства мясных продуктов является обогащение их пищевыми волокнами. В статье приведено определение пищевых волокон. Описаны особенности растворимых и нерастворимых пищевых волокон. Обусловлена польза использования целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина при производстве мясной продукции. Рассмотрены особенности использования при обогащении мясной продукции пищевых волокон из пшеничной и соевой клетчатки, а также цитрусовых субпродуктов. Обусловлено использование пищевых волокон для получения функциональных низкокалорийных мясных продуктов.

Ключевые слова: пищевые волокна, целлюлоза, цитрусовые субпродукты, мясо, мясная промышленность.

Abstract

As of 2023, the meat industry in the Russian Federation is actively developing. At the same time, active growth in meat production is predicted. The development of the meat industry is due to a number of factors. A particularly significant factor is the development of production technology and the introduction of innovations. One of the promising areas for the production of meat products is their enrichment with dietary fiber. The article provides a definition of dietary fiber. The features of soluble and insoluble dietary fiber are described. The benefits of using cellulose, hemicellulose and lignin in the production of meat products are determined. The features of using dietary fiber from wheat and soy fiber, as well as citrus by-products, when enriching meat products are considered. The use of dietary fiber to obtain functional low-calorie meat products is determined.

Keywords: dietary fiber, cellulose, citrus by-products, meat, meat industry.

На сегодняшний день наблюдается активное развитие мясной промышленности в Российской Федерации. Согласно данным «Центра Агроаналитики», в 2023 году поставка свинины на внешний рынок увеличилась почти на 40%, а рост экспорта мясного скота на внешние рынки достиг рекордного значения. При этом ожидается, что производство мяса, несмотря на влияние внешних экономических факторов, продолжит расти [4].

Развитие мясной промышленности зависит от ряда факторов, таких как экологическая обстановка в стране, спрос на мясную продукцию, развитие ветеринарной отрасли и других. Особенно значимым для мясной промышленности фактором является развитие технологии производства и внедрение инноваций. Совершенствование технологии направлено на повышение пищевой и биологической ценности мясных изделий.

Одним из направлений обогащения мясной продукции является использование при производстве всех групп мясопродуктов пищевых волокон. Пищевыми волокнами называется комплекс из лигнина и сложных углеводов: целлюлозы, пектинов, слизи и камеди [1, 2]. Эти компоненты не перевариваются пищеварительными ферментами организма человека, но

перерабатываются полезной микрофлорой кишечника. Выделяют растворимые пищевые волокна, которые растворяются в воде и ферментируемые в толстом кишечнике, и нерастворимые пищевые волокна, которые не растворяются в воде и не подвергаются воздействию ферментов в толстом кишечнике. Содержание массовой доли пищевых волокон в пищевой продукции регламентируется ГОСТ 34844-2022 [3].

Использование пищевых волокон в мясной промышленности обусловлено их полезными свойствами. Целлюлоза хорошо удерживает влагу, что способствует увеличению сочности мясных изделий и улучшение их структуры. Особенно важным предоставляется данное свойство при производстве вареных колбасных изделий, которые могут подвергаться деформированию при прохождении повторной термообработки. Использование гемицеллюлозы способствует улучшению структуры изделия и его вкусовых качеств. Лигнин способствует повышению стабильности и устойчивости продукта к воздействию различных факторов [5].

Пищевыми волокнами обогащают все группы мясной продукции, включая все виды колбасных изделий и консервы. Использование продуктов переработки зерновых культур способствует повышению биологической и пищевой ценности мясных продуктов, обеспечивая равномерное распределение в них ингредиентов [9].

Наиболее подходящим материалом при производстве мясной продукции является пшеничная клетчатка. За счет структуры волокон и способности связывать жир и воду внутри волокна она является оптимальным заменителем мясного сырья. Особенности структуры пищевого волокна позволяют использовать его как в качестве наполнителя, так и для поддержания структуры цельномышечных и колбасных изделий [7].

Другим типом пищевого волокна, используемого при производстве мясной продукции, является соевая клетчатка. Содержание белка в соевом волокне сопоставимо по составу с белками мяса, поэтому использование соевого волокна значительно повышает пищевую ценность мясной продукции. Соевое волокно используется как структурообразующий элемент колбасных изделий и наполнитель эмульсий из фарша [5].

Еще одним типом пищевого волокна, используемым для обогащения мясной продукции, являются цитрусовые субпродукты. Цитрусовые субпродукты могут быть использованы в мясной промышленности благодаря своим ценным технологическим и пищевым свойствам. Цитрусовыми субпродуктами могут быть обогащены варено-сырокопченые колбасы и жировая эмульсия. Использование цитрусовых субпродуктов также повышает питательную и функциональную ценность продуктов, поскольку потребление фруктов, согласно исследованиям, полезно для сердечно-сосудистой и пищеварительной систем организма [8, 10].

Использование пищевых волокон также позволяет получить функциональные низкокалорийные мясные продукты. Для этого используются вторичные продукты переработки растительного сырья — пшеничные, ячменные, гречишные и другие отруби. Отруби вводят в фарш с целью обогащения фаршевых продуктов и добавляют в быстрозамороженные блюда для обогащения их биологически активными веществами [6].

Подводя итоги, необходимо отметить, что ежегодно пищевой бизнес производит значительное количество отходов, включая несъедобные части фруктов и овощей и побочных продуктов. Эти побочные продукты содержат пищевые волокна, использование которых, в свою очередь, позволяет получать функциональные и питательные пищевые продукты. Применение пищевых волокон в производстве мясных продуктов целесообразно еще и потому, что мясо имеет высокий процент жира и полностью лишено пищевых волокон, что может быть чревато возникновением проблем со здоровьем, с сердечно-сосудистой и пищеварительной системой. Потребители, заботящиеся о своем здоровье, все больше осознают важность баланса вкуса и питательности продукта. Таким образом, включение в процесс производства мясных продуктов использования фруктовых и овощных волокон позволяет решить эту проблему, поскольку они выполняют роль природных антиоксидантов, замедляют окисление липидов и способствуют увеличению срока хранения мясной продукции.

Заключение. Таким образом, использование пищевых волокон в мясной промышленности является актуальным и перспективным направлением. Пищевые волокна способствуют улучшению структуры и внешнего вида продукции, делая ее более привлекательной для потребителя. Также пищевые волокна используются для производства низкокалорийных функциональных продуктов, что является важным шагом на пути к производству качественных мясных продуктов, положительно влияющих на здоровье населения.

1. Байгарин Е.К. Изучение содержания пищевых волокон в отечественных пищевых продуктах и их влияние на усвояемость макронутриентов: автореф. дис. ...канд. мед. наук. – М., 2012. – С. 24.
2. Броневец И.Н. Пищевые волокна – важная составляющая сбалансированного здорового питания / И.Н. Броневец // Медицинские новости. – 2015. – №10 (253). – С. 46–48.
3. ГОСТ 34844–2022.
4. Дайджест «Мясо»: Россия полностью обеспечивает себя мясом птицы — Минсельхоз // URL: <https://specagro.ru/analytics/202307/daydzhest-myaso-rossiya-polnostyu-obespechivaet-sebya-myasom-pticy-minselkhoz> (Дата обращения: 15.10.2023)
5. Есимова Л.Б. Использование пищевых волокон в мясном производстве / Л.Б. Есимова, Ю.А. Котельникова, П.А. Корневская // Безопасность и качество товаров : Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Саратов, 16 июля 2020 года. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. – 2020. – С. 86–90.
6. Кажобаева Г.Т. Актуальные проблемы совершенствования производства мясных и рыбных продуктов функционального назначения : монография / Г. Т. Кажобаева. – Павлодар : Кереку. – 2015. – 148 с. – С. 52.
7. Корневская П.А., Котельникова Ю.А. Технология производства вареных колбас с использованием муки из зародышей пшеницы / П.А. Корневская, Ю.А. Котельникова // В сборнике: Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы IV Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 500–503.
8. Application of functional citrus by-products to meat products / J. Fernández-López [and etc.] // Trends in Food Science & Technology. – 2004. – № 15. – Issues 3–4. – p. 176–185.
9. Incorporation of soluble dietary fiber in comminuted meat products: Special emphasis on changes in textural properties / Y. Kaiser [and etc.] // Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. – 2022. – № 27. – 100288.
10. Song J. The improvement effect and mechanism of citrus fiber on the water-binding ability of low-fat frankfurters / J. Song, T. Pan, J. Wu, F. Ren // J Food Sci Technol. – 2016. – Dec; 53 (12). – 4197–4204.

Галушина П.С.

Применение пищевых волокон при производстве молочных продуктов

*Уральский государственный аграрный университет
(Россия, Екатеринбург)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-454

Аннотация

На сегодняшний день молочное производство в Российской Федерации активно развивается. Согласно прогнозам аналитиков, в ближайшие годы, несмотря на влияние внешних факторов, развитие молочного производства в России будет продолжаться. Все большее распространение получает технология обогащения молочной продукции пищевыми волокнами. В статье приведено определение пищевых волокон. Пищевые волокна делятся на две категории: растворимые пищевые волокна и нерастворимые пищевые волокна. В статье описаны особенности и физико-химические свойства пищевых волокон. Одним из важнейших свойств пищевых волокон является их способность удерживать влагу. В статье описано применение пищевых волокон для производства плавленых сырков, йогуртов, кисломолочных продуктов, мороженого, молочных десертов и продуктов на основе молочной сыворотки. Описано положительное влияние пищевых волокон на организм человека.

Ключевые слова: пищевые волокна, мороженое, йогурты, кисломолочные продукты, молочное производство.

Abstract

Today, dairy production in the Russian Federation is actively developing. According to analysts' forecasts, in the coming years, despite the influence of external factors, the development of dairy production in Russia will continue. The technology of enriching dairy products with dietary fiber is becoming increasingly widespread. The article provides a definition of dietary fiber. Dietary fiber is divided into two categories: soluble dietary fiber and insoluble dietary fiber. The article describes the features and physicochemical properties of dietary fiber. One of the most important properties of dietary fiber is its ability to retain moisture. The article describes the use of dietary fiber for the production of processed cheese, yoghurt, fermented milk products, ice cream, dairy desserts and whey-based products. The positive effects of dietary fiber on the human body are described.

Keywords: dietary fiber, ice cream, yoghurts, fermented milk products, dairy production.

Молочное производство на сегодняшний день является одной из ключевых отраслей сельского хозяйства в Российской Федерации. Оно позволяет закрыть запрос населения на необходимые полезные продукты питания. Согласно данным «Центра Агроаналитики», производство товарного молока в Российской Федерации в 2023 году выросло почти на 5% [5].

Несмотря на то, что ограниченный доступ к зарубежным технологиям представляет риски для развития молочной промышленности, аналитики прогнозируют прирост производства товарного молока в России в ближайшие годы. На развитие молочной промышленности влияет ряд факторов: климатические условия, заболеваемость животных, государственные программы поддержки. Одним из ключевых факторов развития молочной промышленности являются технологические инновации [6].

В настоящее время все большее распространение получает технология обогащения продуктов питания пищевыми волокнами. Пищевые волокна представляют собой отдельную часть растительного материала, устойчивую к перевариванию ферментами организма человека. Пищевые волокна включают целлюлозу, нецеллюлозные полисахариды, такие как гемицеллюлоза, камеди, слизи, пектиновые вещества и неуглеводный компонент лигнин.

Пищевые волокна потребляются на протяжении веков и признаны полезными для здоровья. Пищевые волокна состоят из двух категорий: растворимые и нерастворимые пищевые волокна. К растворимым относятся пищевые волокна, которые подвергаются растворению в воде и ферментативному воздействию в толстом кишечнике. К ним относятся: пектины, камеди, гемицеллюлозы, глюканы и др. В основном растворимые пищевые волокна содержатся в овощах и фруктах. Нерастворимые волокна не растворяются в воде и не подвергаются воздействию ферментов. К ним относятся: лигнин, ксантановая медь, воск, целлюлоза и крахмал, содержащиеся в основном в зерновых продуктах [3, 11]

Поскольку пищевые волокна представляют собой углеводы, не подлежащие перевариванию в тонком кишечнике, они способны оказать положительное влияние на здоровье человека. Наибольшую пользу представляет употребление пищевых волокон для улучшения перистальтики кишечника. Результаты исследований свидетельствуют о положительном влиянии пищевых волокон на снижение веса при ожирении, улучшение метаболизма и состава кишечной микрофлоры, профилактикой риска сердечно-сосудистых заболеваний [10].

Физико-химическими свойствами пищевых волокон являются: устойчивость к действию амилазы, термостабильность, жирудерживающие свойства, высокая гидратация, отсутствие вкуса и аромата, уменьшение потерь при термической обработке. При этом одним из важнейших свойств, позволяющим использовать пищевые волокна в пищевой промышленности, является их способность к удержанию влаги.

Благодаря своим физико-химическим свойствам пищевые волокна используются при производстве различных молочных продуктов. Использование пищевых волокон позволяет получить продукт с улучшенными органолептическими свойствами.

Так, при производстве плавящихся сырков пищевые волокна используются для улучшения плотности и фактуры готового изделия. В 2010 году на российском рынке была

представлена новая серия натуральных улучшенных пищевых волокон «Цитри-Фай», отличающихся положительным влиянием не только на биологическую ценность, но и на технологические свойства готового продукта. Использование волокон «Цитри-Фай» при производстве плавленых сырков позволяет получить продукт с однородной нежной консистенцией. Кроме того, благодаря использованию пищевых волокон при производстве плавленых сырков возможно получение продукта с пониженным содержанием жира [4].

При производстве йогурта пищевые волокна используются в качестве стабилизатора. Их использование позволяет получить продукт с улучшенной вязкостью и кремообразным состоянием. Замена желатина на пищевые волокна позволяет получить новые виды йогуртов [1, 2].

Пищевые волокна используются для обогащения функциональных кисломолочных продуктов. Полученные продукты имеют привлекательные сенсорные характеристики и состав, обогащенный витаминами и микроэлементами [9].

Концентраты пищевых волокон используются для производства пробиотических кисломолочных продуктов. Для этого используются пищевые волокна, полученные путем переработки овощей и плодов, отличающиеся высокими способностям к удержанию, связыванию влаги и адсорбции, а также обладающие высоким биологическим потенциалом. Применение их при производстве кисломолочных продуктов способствует улучшению процессов сквашивания, позволяя получить кисломолочный продукт с улучшенными характеристиками. При этом для каждого вида пищевых волокон определены значения, которые важно не превышать во избежание снижения вкусовых качеств готового продукта [8].

Еще одним направлением использования пищевых волокон в молочной промышленности является введение их в рецептуру производства мороженого. При производстве мороженого важным условием для получения продукта с требуемой консистенцией является достижение определенного уровня вязкости смеси. Согласно результатам исследований, повышению вязкости способствует набухание волокон. При этом мороженое, содержащее вместо стабилизаторов и эмульгаторов пищевые волокна, отличается высоким качеством [7].

Также пищевые волокна используются для получения молочных десертов, в том числе диетических десертов со сниженной калорийностью. Актуальным является производство продуктов на основе молочной сыворотки с добавлением пищевых волокон для увеличения их биологической ценности и их стабилизации. За счет жиро- и влагоудерживающей способности пищевых волокон готовые десерты имеют необходимую структуру, которая является устойчивой к температурным перепадам и механическим воздействиям.

Заключение. Таким образом, использование пищевых волокон при производстве молочных продуктов является актуальным направлением и приобретает все большее распространение. Пищевые волокна используются в молочной промышленности для обогащения таких продуктов, как плавленые сырки, йогурты, кисломолочные продукты, мороженое, молочные десерты, кисломолочные продукты и продукты на основе молочной сыворотки. Их применение обусловлено положительным влиянием пищевых волокон как на биологическую и питательную ценность готового продукта, так и на улучшение органолептических свойств.

1. Банникова А.В. Йогурт с пищевыми волокнами: текстурные свойства с сенсорной оценкой / А.В. Банникова // Молочная промышленность. — 2014. — № 6. — С. 52-53.
2. Влияние пищевых волокон на качество йогуртов / Г.Е. Рысмухамбетова [и др.] // Вестник МГТУ. — 2022. — №3. — С. 231-238.
3. ГОСТ 34844-2022
4. Губина И.В. Пищевые волокна «Цитри-Фай» — инновация в производстве плавленых сыров / И.В. Губина // Сыроделие и маслоделие. — 2010. — № 4. — С. 27.

5. Дайджест «Молоко»: в январе — июне Россия увеличила экспорт сухого молока и сыворотки // URL: <https://spesagro.ru/analytics/202309/daydzhest-moloko-proizvodstvo-tovarnogo-moloka-v-1f-vyroslo-na-47> (Дата обращения: 29.10.2023)
6. Емпалова Е.В. Анализ состояния и развития молочной промышленности / Е.В. Емпалова // В мире научных открытий: материалы VII Международной студенческой научной конференции, 14 — 15 марта 2023 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации [и др.] ; редкол.: Богданов И.И. [и др.] — Ульяновск : ГАУ, 2023. — С. 3114—3117.
7. Особенности применения пищевых волокон SenseFi в производстве мороженого пломбир / А.А. Творогова [и др.] // Пищевая промышленность. — 2016. — №10. — С. 34-36.
8. Свойства концентратов пищевых волокон как компонентов пробиотических кисломолочных продуктов / Т.В. Бархатова [и др.] // URL: <https://milklife.ru/publication/9134.html> (Дата обращения: 30.10.2023)
9. Функциональный кисломолочный напиток на основе пахты / О.П. Серова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. — № 2. — С. 109-120.
10. Barber T.M. The Health Benefits of Dietary Fibre / T.M. Barber, S. Kabisch, A.F.H. Pfeiffer, M.O. Weickert // Nutrients. — 2020. — 12 (10). — 3209.
11. Dhingra D. Dietary fibre in foods: a review / D. Dhingra, M. Michael, H. Rajput, R.T. Patil // Food Sci Technol. — 2012. — 49 (3). — 255-66.

РАЗДЕЛ XXIX. АСТРОНОМИЯ

Тимербулатов Т.Р.
Чёрные дыры Вселенной

*Девелоперская инвестиционно-строительная компания «Конти»
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-455

Аннотация

Статья посвящена рассмотрению особенностей исследования чёрных дыр во Вселенной. Отдельное внимание уделено вращению и скорости вращения сверхмассивных чёрных дыр. Также описаны открытия, которые были сделаны учёными за последние десять лет, касающиеся обнаружения облаков перегретой плазмы вокруг чёрных дыр. Особый акцент в процессе исследования сделан на существующих в настоящее время гипотезах, которые описывают природу образования чёрных дыр за счёт постепенного наращивания их массы. Кроме того, представлено описание устройства спиральной галактики и её ядра.

Ключевые слова: чёрная дыра, плазма, галактика, облако, вращение, масса, скорость, вселенная.

Abstract

The article is devoted to the consideration of the peculiarities of the study of black holes in the Universe. Special attention is paid to the rotation and rotation rate of supermassive black holes. Also described are the discoveries that have been made by scientists over the last ten years concerning the detection of clouds of superheated plasma around black holes. A special emphasis in the process of research is made on the currently existing hypotheses that describe the nature of the formation of black holes due to the gradual increase in their mass. In addition, a description of the structure of a spiral galaxy and its nucleus is presented.

Keywords: black hole, plasma, galaxy, cloud, rotation, mass, velocity, universe.

10 апреля 2019 года информационные агентства мира опубликовали фотографию тени сверхмассивной чёрной дыры в галактике М-87 созвездия Девы, находящейся на расстоянии 50 миллионов световых лет от Земли (см. рис. 1). Для получения фотографии учёными проекта Event Horizon Telescope была задействована сеть из восьми мощных радиотелескопов, расположенных на пяти континентах нашей планеты. Фотография демонстрирует наличие светящегося кольца с тёмным пространством внутри него.

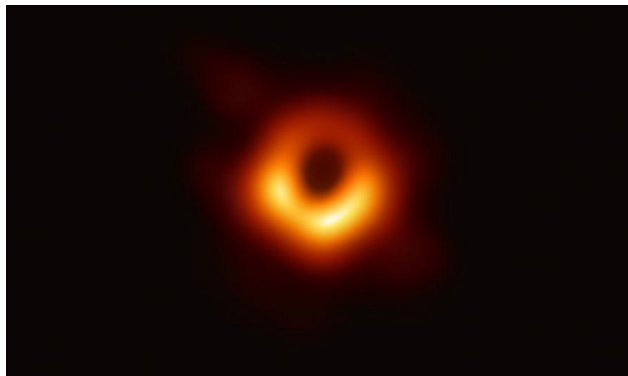


Рисунок 1. Фотография тени сверхмассивной чёрной дыры галактики М-87.

Несколькими годами ранее учёные установили, что эта сверхмассивная чёрная дыра вращается вокруг своей оси с огромной скоростью. Обнаруженная при помощи спектрографа

FOS (Faint Object Spectrograph) космического телескопа «Hubble» скорость вращения газа на расстоянии около 60 световых лет от центра галактики М-87 составляла 550 км/сек.

Вращение многих сверхмассивных чёрных дыр подтверждают и исследования космической обсерватории Chandra (NASA), которая представила доказательства того, что обнаруженные сверхмассивные чёрные дыры достигают скорости вращения, равной примерно половине скорости света [1]. При этом скорость вращения увеличивается по мере приближения к центру сверхмассивной чёрной дыры.

Но это ещё не все космические открытия, которые астрономы обнаружили за последние десять лет. Ими было установлено, что вокруг некоторых сверхмассивных чёрных дыр существуют облака перегретой плазмы, подобных плазме в короне Солнца. Температура этих короновидных облаков может достигать миллиарда градусов по Цельсию. Предполагалось, что эти облака-короны, как и корона Солнца, возникают в результате воздействия мощных магнитных полей, существующих вокруг сверхмассивных чёрных дыр.

Вместе с тем астрофизикам из RIKEN и JAXA удалось измерить напряжённость магнитных полей вблизи двух сверхмассивных чёрных дыр в центре активной галактики IC 4329A, находящейся на расстоянии около 200 миллионов световых лет, и галактики NGC 985, находящейся на расстоянии примерно 580 миллионов световых лет. Измерения проводились астрофизиками радиобсерватории ALMA в Чили и учёными Национальной астрономической обсерватории в Японии (NAOJ).

После проведения необходимых измерений учёные пришли к выводу, что короны сверхмассивных чёрных дыр имеют магнитное поле около 10 гаусс, что немного больше, чем магнитное поле на поверхности Земли. Понятно, что силы таких магнитных полей оказываются недостаточными для питания «корон» сверхмассивных чёрных дыр [2].

Кроме того, астрофизики из радиобсерватории ALMA сравнили результаты своих наблюдений с результатами наблюдений с двух других радиотелескопов: обсерватории VLA в США и обсерватории ATCA в Австралии, которые работают в разных полосах частот. Они показали наличие избыточного радиоизлучения из сверхмассивных чёрных дыр.

Астрофизики наблюдали и выбросы из сверхмассивных чёрных дыр неких «струй» пока неопределённой природы. Сегодня их усилия направлены на обнаружение и изучение гамма-излучений, которые, как они предполагают, должны проявляться в районе расположения этих дыр. Вместе с тем, астрономы зафиксировали космические явления, характеризующееся выбросом из сверхмассивных чёрных дыр эфирных струй с частицами (джетов) или огромных пузырей гамма-излучения («пузыри Ферми»), которые можно достаточно часто наблюдать в пространстве Вселенной. Подобные «пузыри» в 2010 году были обнаружены и в нашей Галактике исследователями Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики (см. рис. 2).

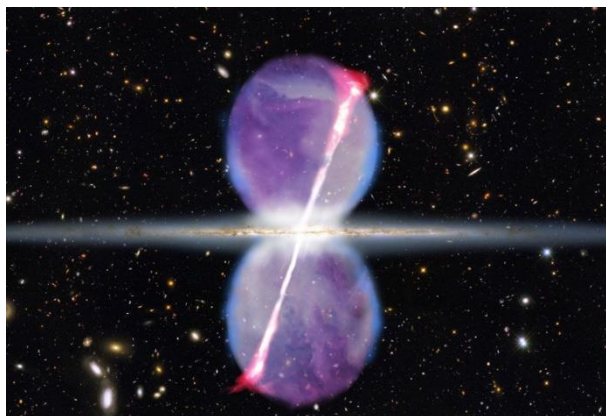


Рисунок 2. «Пузыри Ферми». Галактика, испускающая гамма-лучи. Naked science. 2010 г.

Общий размер таких пузырьревидных структур может составлять до 50 тысяч световых лет, а возраст — достигать миллионов лет. Вполне вероятно, что появление этих «пузырей»

является результатом «запуска» сверхмассивной чёрной дыры нашей Галактики.

Сегодня астрофизики могут наблюдать и сотни джетов — мощных струй, вырывающихся со скоростями, близкими к скорости света (релятивистскими), из ядер активных галактик — сверхмассивных чёрных дыр. Их размеры огромны даже на фоне других астрономических объектов — длина джета может достигать нескольких процентов радиуса галактики и быть примерно в 300 тысяч раз больше размера испускающей его чёрной дыры.

Все эти результаты наблюдений за сверхмассивными чёрными дырами позволяют уже сегодня составить некое общее представление о чёрных дырах Вселенной и заставляют более глубоко сосредоточиться на поиске ответов на вопросы:

Что же такое «чёрные дыры»? Какова природа их образования, особенности строения и порядок функционирования? И для чего вообще они появились во Вселенной?

В настоящее время общепринятая теория образования чёрных дыр не разработана. Существует несколько гипотез, которые описывают природу их образования за счёт постепенного наращивания массы чёрной дыры путём гравитационного притяжения материи из окружающего пространства; коллапса больших газовых облаков и превращения их в звезду массой в несколько сотен солнечных масс, которая коллапсирует в чёрную дыру; коллапса плотных звёздных кластеров или начальных возмущений сразу после Большого взрыва [3].

Однако к каждой из предложенных гипотез есть вопросы. Астрофизики так и не обнаружили в сверхмассивных чёрных дырах никаких таинственных объектов, предсказанных ранее учёными, в виде звёзд или других материальных скоплений огромной массы, которые обладали бы мощным гравитационным полем. На фотографиях мы не видим никакого сверхмассивного тела, поглощающего вещество и обладающего мощной гравитацией.

Почему не обобщить всю полученную из космоса информацию и на её основе описать ядро спиральной галактики, его устройство, понять природу образования чёрных дыр, особенности их функционирования и выяснить их роль во Вселенной? Возможно ли это в настоящее время? Думаю, что возможно, так как полученная информация наряду с пространственным воображением и пониманием общего устройства Вселенной позволяет надеяться на положительный результат.

Мы располагаем информацией, что спиральная галактика вращается вокруг своей оси и в ту же сторону вращается её сверхмассивная чёрная дыра, которая представляет собой светящееся кольцо с тёмным пространством внутри. Сверхмассивные чёрные дыры, вращаясь, захватывают звёзды, планеты, астероиды, космическую пыль и газ. Эти космические объекты вращаются вокруг сверхмассивной чёрной дыры. По мере приближения к чёрной дыре скорость их вращения увеличивается.

Никаких космических объектов, имеющих огромную массу и мощное гравитационное поле, в сверхмассивных чёрных дырах пока не обнаружено. Однако наряду со сверхмассивными чёрными дырами, которые захватывают космическое вещество, в центральной части галактик обнаружены чёрные дыры, испускающие мощное радиоизлучение, вокруг которых находятся облака перегретой плазмы. В противоположные стороны из центра спиральных галактик периодически выбрасываются на огромные расстояния мощные струи (джеты) и пузыри гамма-излучения.

Эта информация позволяет сделать некоторые выводы:

Первое. Сверхмассивная чёрная дыра вероятнее всего представляет собой начало огромной космической вращающейся воронки, которая захватывает космические объекты.

Второе. Захват происходит, в первую очередь, за счёт затягивания потока межзвёздной среды с космическими объектами в воронку, так как космические объекты движутся по круговой, а не прямой траектории, постепенно приближаясь к сверхмассивной чёрной дыре. А во вторую очередь, - в результате действия гравитационных сил ядра галактики.

Третье. Сверхмассивная чёрная дыра, вероятно, представляет собой некое входное отверстие галактического туннеля, через которое происходит захват космических объектов. При приближении к чёрной дыре космические объекты сталкиваются и разрушаются. В результате разрушений и взрывов звёзд и планет на краях чёрной дыры возникает свечение.

Четвёртое. Галактический туннель проходит сквозь центр ядра галактики. Он имеет не только входное отверстие, но и выходное. Об этом свидетельствуют результаты наблюдений появления джетов и пузырей Ферми, которые распространяются в противоположных направлениях из центра галактики.

Пятое. Появление джетов и пузырей Ферми свидетельствуют и о том, что внутри этого туннеля создаётся ситуация, при которой давление по каким-то причинам достигает критических значений, что приводит к некоему подобию взрыва вещества. Очевидно, взрывные волны сдерживаются плотным ядром галактики и могут вырваться только из входного и выходного отверстия галактического туннеля.

Шестое. Выходное отверстие галактического туннеля находится в центре галактики и противоположно сверхмассивной чёрной дыре. Его можно определить как белую дыру спиральной галактики. Определить местоположение белой дыры можно по центру образования джетов и пузырей Ферми, мощному потоку излучений и сверхвысокой температуре.

Опираясь на данные выводы и используя пространственное воображение, можно представить устройство спиральной галактики и её ядра. В книге «Дыхание Вселенной», изданной в 2014 году, мы описывали устройство сверхмассивной чёрной дыры как начало фронтальной воронки галактического туннеля спиральной галактики. Фронтальная воронка переходит в торный туннель ядра галактики и при выходе из ядра – в тыльную воронку галактического туннеля и заканчивается белой дырой (см. рис. 3).

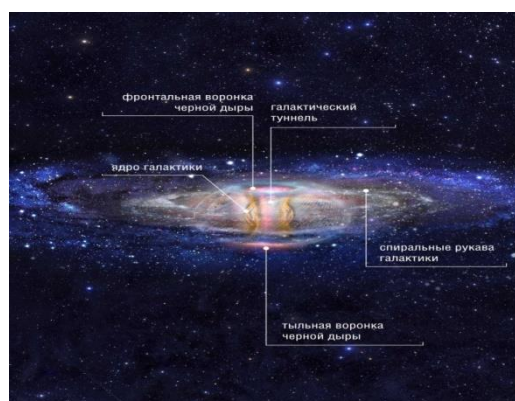


Рисунок 3. Предполагаемое строение спиральной галактики.

Ядро галактики – это, по нашему мнению, массивный вращающийся объект из уплотнённого вещества, в котором происходит разрушение атомов на частицы и высвобождение огромного количества энергии. Этот объект поглощает космическое вещество из пространства через сверхмассивную чёрную дыру. Однако в отличие от взглядов А. Эйнштейна, вещество не концентрируется внутри ядра (массивного космического объекта), а разрушаясь, выбрасывается из него через белую дыру тыльной воронки галактического туннеля.

Процесс формирования спиральных галактик можно рассматривать как результат взаимодействия двух или нескольких потоков межзвёздной среды содержащих огромное количество звёзд и планет, которые образовали мощный космический вихрь. Космический вихрь сформировал вращающееся тороидальное ядро галактики и галактические рукава со звёздами, планетарными и звёздными системами. В спиральной галактике образовались сверхмассивная чёрная дыра, вращающееся ядро галактики с торным туннелем, фронтальная и тыльная воронки галактического туннеля с белой дырой галактики.

Есть основания полагать, что в спиральной галактике кроме её ядра, в сверхмассивной чёрной дыре нет никаких других суперкрупных (супермощных)

материальных образований, гравитационные поля которых притягивали и безвозвратно поглощали бы все ближайшие космические объекты. Думаю, что предпринимаемые астрофизиками усилия обнаружить следы подобных образований в «чреве» чёрных дыр, видимо, не увенчаются успехом.

Сверхмассивная чёрная дыра сопряжена с фронтальной воронкой галактического туннеля, и они совместно *затягивают звёзды и планеты внутрь себя*, чтобы после их разрушения до частиц и атомов выбросить их из белой дыры галактики.

Утверждения о том, что сверхмассивные чёрные дыры галактик могут только поглощать и накапливать вещество внутри себя не нашли своего подтверждения, как и гипотезы о природе их образования. Потоки межзвёздной среды с космическими объектами входят в чёрную дыру, продвигаются по торному туннелю ядра и выходят из его белой дыры в виде потоков плазмы.

Сверхмассивная чёрная дыра активной галактики захватывает космический газ и пыль, звёзды и планеты и направляет их в галактический туннель. В галактическом туннеле они сталкиваются, разрушаются и поступают в ядро галактики. В торном туннеле ядра галактики происходит дальнейшее разрушение вещества на атомы и частицы с выделением мощной энергии в виде эфирных потоков, которые обеспечивали соединение атомов в молекулах и частиц в атомах. Так, полагаю, устроена и наша Галактика.

Стоит отметить, что чёрные дыры – это не замкнутое пространство, имеющее только вход и не имеющее выхода. *Чёрные и белые дыры* – это *обязательный атрибут* космических объектов во Вселенной – от частиц до галактик. Чёрная дыра (фронтальная воронка) – это вход в ядро материального объекта, а белая дыра (тыльная воронка) – это выход из него.

Результаты наблюдений подтверждают предположение о процессах, происходящих в активных спиральных галактиках. В соответствии с нашими предположениями, во фронтальной воронке сверхмассивной чёрной дыры галактики происходит разрушение звёзд и планет, захваченных и поглощенных ею, а в её торном туннеле – столкновение остатков звёзд и планет, разрушение их до атомов и частиц с высвобождением энергии.

Вероятно, в какой-то момент в торном туннеле галактики сосредоточивается огромное количество атомов и частиц, сопровождаемое повышением давления и температуры. Одновременно с этим, через сверхмассивную чёрную дыру галактики продолжают поступать новые порции разрушенных ею звёзд и планет. Под действием высокого давления торный туннель расширяется и принимает сферическую форму.

Стремительное нарастание давления в торном туннеле может привести к образованию в нём «энергетической пробки», которая при достижении критических значений давления, мощнейшим потоком атомов и частиц выбрасывается из белой дыры и чёрной дыры одновременно. В этом случае происходит что-то подобное мощному космическому взрыву и из галактического туннеля в виде джетов и пузырей Ферми в пространство выбрасываются материя и мощные излучения.

Поэтому астрофизики могут наблюдать активные сверхмассивные дыры галактик двух видов – *чёрные дыры*, которые захватывают звёзды и планеты, и *белые дыры*, из которых «переработанные» звёзды и планеты выбрасываются в космическое пространство в виде излучений или потоков с атомами и частицами.

Таким образом, предлагаемая гипотеза объясняет процессы, происходящие при формировании вращающегося ядра спиральной галактики и образования в нём сверхмассивных чёрной и белой дыр. Положения гипотезы подтверждаются обнаруженными за последнее десятилетие космическими явлениями.

1. Harms, Richard J.; Ford, Holland C.; Tsvetanov, Zlatan I.; Hartig, George F.; Dressel, Linda L.; Kriss, Gerard A.; Bohlin, Ralph; Davidsen, Arthur F.; Margon, Bruce; Kochhar, Ajay K. HST FOS spectroscopy of M87: Evidence for a disk of ionized gas around a massive black hole // *Astrophysical Journal*, Part 2 - Letters. 1994. Vol. 435, № 1. pp. L35–L38.
2. Alma, A. Worldwide Collaboration. Mystery of coronae around supermassive black holes deepens.
3. Чёрная дыра в центре Галактики URL: https://studopedia.ru/19_181399_glava--rasseyannie-i-sharovie-zvezdnie-skopleniya.html

РАЗДЕЛ XXX. ТУРИЗМ

Завьялова Д.Д., Сотова Л.В.

Организация сырного фестиваля в Мордовии

*«Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет им. Н. П. Огарёва»
(Россия, Саранск)*

doi: 10.18411/trnio-11-2023-456

Аннотация

В статье рассматривается организация и проведение сырного фестиваля в Республике Мордовия, на основе имеющегося природного и социально-экономического потенциала. Составлена двухдневная программа сырного фестиваля для привлечения в регион туристов и предпринимателей.

Ключевые слова: туризм, гастрономия, событийный туризм, гастрономический туризм, сырный фестиваль, туристские ресурсы, туристы, Республика Мордовия.

Abstract

The article discusses the organization and holding of a cheese festival in the Republic of Mordovia, based on the existing natural and socio-economic potential. A two-day program of the cheese festival has been compiled to attract tourists and entrepreneurs to the region.

Keywords: tourism, gastronomy, event tourism, gastronomic tourism, cheese festival, tourist resources, tourists, Republic of Mordovia.

Значение национальной кухни, которая играет важную роль в гастрономическом туризме, в том числе при проведении гастрономических фестивалей, очень велико, ведь именно она придаёт самобытный колорит разным культурам и является значимой достопримечательностью для туристов.

Событийные мероприятия гастрономической направленности, к которым относятся и фестивали, способствуют развитию туризма в регионе в целом, а также увеличению туристского потока. Фестиваль представляет собой серию показов мастерства или достижений, подчиненных единой художественной идее или концепции, происходящих в ограниченный период времени и в определенном географическом и культурном пространстве [3].

При комплексном подходе к организации гастрономического фестиваля может выступать туристский ресурс, который позволяет повысить привлекательность региона за счет продвижения местных продуктов [4]. Посетители фестиваля могут продегустировать и приобрести сыры, а также посмотреть на выставку сельскохозяйственной техники, поучаствовать в развлекательной и концертной программе. Кроме сыров, на фестивалях могут быть представлены и другие молочные продукты: творог, мороженое, молочные коктейли, йогурт и др. Главным событием сырного фестиваля часто является приготовление рекордного блюда с сыром.

Еще одна важная черта сырных фестивалей – это уникальность. При организации фестиваля важно учитывать уникальность самого продукта (сыра), с точки зрения исторической значимости и бренда [2].

Республика Мордовия является регионом одним из лидеров российского сыроварения по таким критериям, как используемые технологии, объемы производства и качество продукции. В настоящее время в Мордовии производят высокотехнологичные, требующие длительного хранения сорта сыра.

«Сыры Мордовии» – это бренд, который объединяет несколько предприятий, наиболее известными из которых являются сыродельный комбинат «Ичалковский» и сыроваренный завод «Сармич».

Здесь производятся такие сорта, как «Пармезан», «Маасдам», сорт итальянского типа «Грана», «Олидер», который выполнен по образу и подобию французского сыра и другие.

Природные условия и промышленные предприятия по переработке молочной продукции позволяют организовать гастрономические фестивали. Проект по разработке фестиваля «По сырам Мордовии» предполагает организацию и проведение двухдневного всероссийского фестиваля на территории Республики Мордовия, на котором будет представлена сырная продукция лучших производителей республики и осуществлена разнообразная развлекательная программа [1].

Организатором фестиваля, как правило, выступает Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Мордовия.

Цель проведения фестиваля – познакомить туристов с сырной продукцией мордовских фермеров и предприятий пищевой промышленности в формате открытого для всех всероссийского праздника.

Фестиваль «По сырам Мордовии» будет проводиться в течение двух дней, в выходные дни, в конце августа. В первый день он будет проходить на площади Тысячелетия в г. Саранске. Во второй день – на территории Государственного национального парка «Смольный» в Ичалковском районе.

Программа фестиваля «По сырам Мордовии» и список мероприятий (рисунок 1).



Рисунок 1. Программа фестиваля «По сырам Мордовии».

1 день.

10:00–12:00 – начало и торжественное открытие фестиваля «Сырная Мордовия».

12:00–13:00 – свободное времяпрепровождение в рамках фестиваля.

13:00–14:00 – мастер-класс по подбору вин к сырам и сыров к винам, дегустация сырной продукции.

14:00–16:00 – конференция и деловая программа, на которой приглашенные производители молочной и сырной продукции и фермеры расскажут об истории мордовского сыроварения и особенностях изготовления различных сортов сыра.

16:00–17:00 – конкурс между сыроарами на самое быстрое и качественное приготовление сыра, награждение победителя конкурса и участников.

17:00–18:00 – сырная выставка-ярмарка, на которой посетители смогут ознакомиться и приобрести представленные лучшие сорта сыров и другую молочную продукцию известных мордовских производителей.

18:00–19:00 – завершение первого дня фестиваля.

2 день.

9:00 – выезд из г. Саранска до Национального парка «Смольный» (Ичалковский район, пос. Смольный).

10:00 – начало второго дня фестиваля «По сырам Мордовии».

11:00–13:00 – мастер-класс по оформлению сырной тарелки, на котором гостям расскажут и покажут, как правильно располагать сыр при подаче, с какими продуктами и т. д.

13:00–14:00 – свободное времяпрепровождение на фестивале, прогулка по территории национального парка «Смольный».

14:00–16:00 – активная игра «Сырные покатушки».

16:00–17:00 – сырная выставка-ярмарка, на которой посетители смогут ознакомиться и приобрести представленные лучшие сорта сыров и другую молочную продукцию сыродельного комбината «Ичалковский».

17:00–18:00 – подведение итогов по проведенным конкурсам фестиваля, поздравление победителей, составление плаката «Книга рекордов фестиваля «По сырам Мордовии», сбор участниками гербария для украшения плаката (рисунок 2).



Рисунок 2. Книга рекордов фестиваля «По сырам Мордовии».

18:00–19:00 – торжественное завершение фестиваля «По сырам Мордовии».

Участниками фестиваля будут местные жители г. Саранска и районов Республики Мордовия, туристы из соседних регионов, фермеры, производители сырной и другой молочной продукции, эксперты в пищевой промышленности, творческие коллективы.

Продвижение данного фестиваля будет осуществляться работой прессы с телевизионных каналов; в социальной сети ВКонтакте и размещение постов о фестивале; разработка собственного тематического сайта для фестиваля; изготовление и распространение тематических буклетов, программы фестиваля, пригласительных билетов и т. д.

В качестве призов для награждения участников конкурсов на фестивале будут: подарочный набор сыров, мордовский мед, винный набор, сувенирная мордовская продукция.

Проект по разработке фестиваля «По сырам Мордовии» предполагает организацию и проведение двухдневного всероссийского фестиваля на территории Республики Мордовия (в г. Саранске и Ичалковском районе), на котором будет представлена сырная продукция лучших производителей республики и осуществлена разнообразная развлекательная программа.

1. Калабкина И. М., Пониматкина Л. А. Ресурсы Республики Мордовия для организации креативного туризма [Текст] // Вестник РМАТ. 2022. № 1. С. 105–111.
2. Кусерова А. И. Формирование туристского продукта на основе сырной индустрии Республики Мордовия [Текст] // Экономические исследования и разработки. 2020. № 7. С. 28–37.
3. Сарайкина С. В., Трубников А. Е. Особенности услуг в спортивно-событийном туризме и специфика его организации [Текст] // Огарёв-Online. 2014. № 18 (32). С. 10.
4. Сотова Л. В. Территориальная организация сельской местности Мордовии : диссертация [Текст] // Москва, 1999. – 161 с.



LJournal

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
№103, Ноябрь 2023**

Часть 7

Подписано в печать 25.11.2023. Тираж 400 экз.
Формат.60x841/16. Объем уч.-изд. л.12,90
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович