

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

№104, Декабрь 2023
(Часть 15)



Самара, 2023

T33

Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования» №104, Декабрь 2023 (Часть 15) - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2023 - 224 с.

doi: 10.18411/trnio-12-2023-p15

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

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

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

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

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

© Научный центр «LJournal»
© Университет дополнительного
профессионального образования

УДК 001.1
ББК 60

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Черноятов Александр Михайлович

Кандидат экономических наук, Профессор

Царегородцев Евгений Леонидович

Кандидат технических наук, доцент

Пивоваров Александр Анатольевич

Кандидат педагогических наук

Малышкина Елена Владимировна

Кандидат исторических наук

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

Аирапов 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 XXV. МАТЕМАТИКА	8
Абзалимова Р.Р. Роль математических методов в логистике	8
Буляница А.Л. Математическая модель конвективно-диффузионного переноса наночастиц в полимерном субмиллиметровом слое при седиментационном анализе.....	10
Гарминович Н.А. О редукции дифференциальных уравнений	14
Залукаева О.В. Способы вычисления потока векторного поля.....	18
Марахова В.С. Понятие о численных методах решения обыкновенных дифференциальных уравнений.....	22
Полякова И.С. Ноль и единица как «недочисла». «Черный ящик»	25
Попова О.Д. Матрицы. Линейные операции над ними и их свойства	27
Рахимов А.Р. Сущность линейной зависимости векторов	30
Садовников Н.В., Гаврина З.А. Уравнения и неравенства бесконечнозначной логики БЛ с отклоняющимися аргументами	33
Салдаева Д.С. Использование математических способов и методов при решении задач в области экономики.....	35
Синекопова И.В. Теория евклидовых n-мерных пространств.....	38
РАЗДЕЛ XXVI. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	42
Мамонтова Т.Ю., Аников Д.А. Использование устройств интернета вещей для управления уличным освещением	42
Марданов В.А., Семенова С.Н., Семенова А.Н. Мелиоративное влияние ползащитных лесных полос Абинского района Краснодарского края	46
Соколов Н.С. Анализ строительной деятельности по вводу жилья	49
Соколов Н.С. Выбор оптимального типа заглубленных конструкций	57
Соколов Н.С. Выбор технологий усиления слабых оснований	62
Соколов Н.С. Геотехническая практика усиления склона	67
Соколов Н.С. Исследования деформирования оснований фундаментов при повышенных нагрузках.....	72
Соколов Н.С. Свая-эрт как заглубленная строительная конструкция	79
Dushneva N.A., Dmitrienko N.A. Dependence of heat transfer resistance and air permeability resistance characteristics	83
РАЗДЕЛ XXVII. ЭНЕРГЕТИКА	87
Гайфиева Л.Ф. Применение САПР EnergyCS TKZ как способ проверки собственных расчетов.....	87
Кутырев Д.А. Выбор горелочных устройств для повышения эффективности работы парового котла Е-1,6-0,9ГМН.....	91
Кутырев Д.А. Работа парового котла Е-1,6-0,9ГМН: Рекомендации по повышению эффективности	94

Мифтахов А.Р. Применение интеллектуальной системы учета электроэнергии ISKRA: изучение особенностей и преимуществ	96
Нарушев Е.В. Вентиляционные вызовы и решения в новых жилых комплексах.....	98
Нарушев Е.В. Польза автоматизированных тепловых пунктов.....	101
Сагиров В.Р. Моделирование двухмашинной энергосистемы в программной среде PSCAD	103
Сагиров В.Р. Применение программной среды PSCAD с целью проверки проведенных расчетов.....	107
Шестакова Л.А. Теплоизоляция для зданий и сооружений.....	110
РАЗДЕЛ XXVIII. ФИЗИКА	114
Кошман В.С. О невозможности проверки надежности темной энергии посредством измерения реликтового излучения	114
Кошман В.С. Проблемы космологии, природные явления и физические законы гравитации и излучения	120
РАЗДЕЛ XXIX. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА	128
Таначев Г.П., Шайхлисламов И.Р., Корнилов В.Ю. Математическая модель синхронного двигателя с постоянными магнитами	128
Шайхлисламов И.Р., Таначев Г.П., Корнилов В.Ю. Исследование и оптимизация добычи нефти штанговыми глубинными насосами с частотно-регулируемыми электроприводами: путь к эффективности и устойчивости	131
РАЗДЕЛ XXX. МЕХАНИКА	136
Шемякин Г. И., Исаева С. М. Основные понятия и определения теории манипуляционных систем	136
РАЗДЕЛ XXXI. ЭЛЕКТРОНИКА	140
Тимурғалиева К.Э., Филина О.В. Развитие электротранспорта с точки зрения экономического развития региона	140
РАЗДЕЛ XXXII. ТРАНСПОРТ	143
Илюхина Д.С., Драч А.А. Правовые аспекты обеспечения безопасности при использовании индивидуальных транспортных средств.....	143
Кинк А.Р., Исаева С.М. Логистическая характеристика различных видов транспорта.....	145
Козлов А.А., Говердовская Л.Г. Перспективы развития альтернативного транспорта в городской среде.....	150
Сайтов Р.И., Сайтов С.И., Исаева С.М., Особенности поездов концепции Push Pull	153
Соколов Н.С. Буроинъекционные свай эрт в качестве армирования оснований повышенной несущей способности	157
Соколов Н.С. Методология расчета ЭРТ	162
Соколов Н.С. Обеспечение надежности существующих подпорных стен.....	166

Тужилкин А.В., Исаева С.М. Особенности внедрения асинхронного привода на тяговом подвижном составе	171
Yan Z. Comparative analysis of traffic in China and Russia	174
РАЗДЕЛ XXXIII. АГРОНОМИЯ	178
Бражицкая П.А., Попова Ю.С. Капиллярная вода в почве	178
Вардамацкая К.В. Ресурсосбережения в сельском хозяйстве за счет совершенствования техники (на примере разработок компании John Deere)	180
Виноградова В.С., Веточкина Е.А. Особенности процесса компостирования гидролизного лигнина.....	183
Гузенко А.С., Попова Ю.С. Роль дождевых червей в антропогенных почвах.....	187
Иванайский Р.Е., Зацаринный А.В. Биотехнология в сельском хозяйстве: современное состояние и перспективы развития	190
Иванов Д.И., Мосевнин И.В., Рожнова Я.А. Продуктивность картофеля в зависимости от системы защиты растений.....	192
Колесниченко Т.В. Проблемы возникновения водной эрозии почвы на территории Краснодарского края.....	195
Кузьмин А.В. Использование полиэтиленовых рукавов для хранения зерна	198
Попова Ю.С., Дрокина А.С. Бонитировка почв Краснодарского края.....	200
РАЗДЕЛ XXXIV. ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ	204
Кривых М.И., Павлова Я.С. Анализ технологии производства глазированных сырков в молочном шоколаде с добавлением мармелада желейного.....	204
Логвинчук Т.М., Богачук М.Н. Определение содержания витаминов группы В в суточной порции обогащенных растворимых чайных напитков.....	208
Логвинчук Т.М., Кошечкина А.С., Перова И.Б. Определение содержания витаминов группы В в суточной порции обогащенных растворимых чайных напитков.....	211
Овчинников Д.Д., Бетева Е.А., Мухамеджанова Т.Г. Изучение способов стабилизации сокодержущих напитков на основе комбучи с целью увеличения сроков хранения	213
Яковлева С.И. Проблемы обеспечения продовольственной безопасности региона.....	218

РАЗДЕЛ XXV. МАТЕМАТИКА

Абзалимова Р.Р.

Роль математических методов в логистике

Самарский государственный экономический университет
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-816

Научный руководитель: Макаров С.И.

Аннотация

В статье анализируется роль математики в логистике, объясняется необходимость математического влияния на экономику и её связь с логистическими процессами. Затрагивается один из математических методов и раскрывается его сущность на примере транспортной задачи.

Ключевые слова: математические методы, математика, логистические процессы, экономика, транспортная задача, метод потенциалов, поставка продукции, роль математики, открытая и закрытая задача.

Abstract

The article analyzes the role of mathematics in logistics, explains the need for mathematical influence on the economy and its connection with logistics processes. One of the mathematical methods is touched upon and its essence is revealed using the example of a transport problem.

Keywords: mathematical methods, mathematics, logistics processes, economics, transport problem, method of potentials, product delivery, role of mathematics, open and closed problem.

Математика - широко применяемая наука. Существование экономики не представляется возможным без должного математического анализа различных данных и показателей, а применяемые математические методы позволяют сделать какие-либо прогнозы.

Логистика тесно взаимосвязана с математикой. Существует множество математических методов, применяемых в логистике. Математические методы позволяют совершать рациональные логистические расчёты, например, анализировать и составлять четкий оптимальный план транспортировки и поставки грузов. Это необходимо для разумного распределения ресурсов - минимизировать убытки, осуществить доставку в назначенные сроки, а также сохранить и приумножить рейтинг логистической компании, поскольку для любой организации важно иметь высокую конкурентоспособность и надёжность на рынке, чтобы был спрос на услуги и в приятном бонусе получать с этого прибыль.

Логистику не представляется возможным изучать без математики, так как для грамотного специалиста необходимо уметь анализировать статистику, показатели и структуру логистических операций для определения причинно-следственных связей, построения общей динамики поставок и в последствии анализа их прибыльности для определенной логистической компании. Также в силу развития логистики как на национальном, так и на международном уровнях эта профессия начинает требовать более совершенного решения задач и проблем, возникающих в логистических операциях, к решению которых можно прийти, изучая математические закономерности и применяя её различные методы.

Многие логистические задачи сводятся к решению транспортных задач. Для решения транспортных задач и анализа транспортировки грузов применяются различные методы. Самые распространенные и часто применяемые методы отражены в таблице 1.

Таблица 1

Методы, применяемые при решении транспортной задачи.

<i>Наименование метода</i>	<i>Описание метода</i>
<i>Метод потенциалов</i>	<i>Данный метод позволяет определить оптимальный план перевозки грузов из пункта отправления в пункт назначения.</i>
<i>Метод северо-западного угла</i>	<i>Позволяет построить опорный план решения транспортной задачи. Создается возможность для определения начального плана перевозки товаров в пункт назначения. Наименование метода аналогично процессу решения – использовать показатели необходимо с северо-западного угла таблицы.</i>
<i>Метод минимального элемента</i>	<i>Данный метод также используется для нахождения опорного решения. Однако, решение начинается с поиска клетки с минимальным значением.</i>
<i>Метод аппроксимации Фогеля</i>	<i>Данный метод состоит в поиске разности между двумя минимальными стоимостями перевозки, которые необходимо найти в таблице.</i>

Каждый описанный метод в таблице 1 позволяет разносторонне проанализировать и решить транспортную задачу, не ограничиваясь в возможностях решения.

Кроме того, вместе с транспортными задачами часто в работе логиста встречаются задачи по определению правильного размещения производства. Компании часто сталкиваются с проблемой правильного размещения точек логистических цепей. Это значительно усложняет процесс оптимизации и доставки грузов и увеличивает число дополнительных затрат. Для решения проблемы размещения производства существует ряд методов, которые можно отразить в таблице 2.

Таблица 2

<i>Наименование метода</i>	<i>Описание метода</i>
<i>Метод взвешивания</i>	<i>Данный метод при качественном анализе запасов, затрат, прибыльности компании позволяет сделать предположение или прогноз на эффективность размещения производства.</i>
<i>Метод размещения с учетом полных затрат</i>	<i>Метод позволяет исследовать затраты производства, проследить их влияние на дальнейший объем выпуска продукции. В результате сделать вывод об определении места размещения на основе расчетов, учитывая затраты.</i>
<i>Гравитационный метод</i>	<i>Данный метод основан на нахождении близких производственных объектов к рынкам сбыта. Это позволяет минимизировать затраты на логистику.</i>
<i>Метод калькуляции затрат</i>	<i>Суть метода – затронуть в анализе затраты, необходимые для транспортировки груза. Путем анализа можно определить расстояние между объектами и их относительные массы. Данный метод способствует определению эффективного местоположения и для размещения производства, которое будет наиболее выгодным и минимальным по затратам с учетом затрат на транспортировку.</i>

Выделяют также проблему нахождения кратчайшего пути, которая подразумевает под собой 2 метода решения:

1. Алгоритм Дейкстры – один из наиболее популярных методов нахождения кратчайшего пути, основой которого является граф – математическая модель, которая содержит в себе точки вершин, соединенных между собой отрезками – рёбрами. Алгоритм позволяет находить кратчайший путь от одной вершины графа до всех остальных.

2. Алгоритм A^* - преобразованная модель алгоритма Дейкстры. Применяется в графе при поиске маршрута, позволяющий снизить затраты до минимального уровня.

Таким образом, можно сделать вывод, что математика специализируется на многочисленных профессиях и науках. Она является составляющей в логистике в процессе анализа транспортировки груза, помогает просчитывать и выстраивать логистические маршруты, структурировать процессы и операции логистики. Математика позволяет логистике быть точной и четкой, не допускать ошибок в определенных расчетах, что спасает логистическую компанию от непредвиденных трудностей и проблем в поставке и не только.

1. О. В. Болотникова, Д. В. Тарасов, Р.В. Тарасов Линейное программирование: транспортные и сетевые модели Издательство ПГУ 2016 [Электронный курс]. Режим доступа URL: https://dep_vipm.pnzgu.ru/files/dep_vipm.pnzgu.ru/books/bolotnikova_tarasov_tarasov_lineynoe_programmirovani_e_transportnye_i_setevye_modeli.pdf Дата обращения: 2.11.2023
2. Т.О. Селезнёва, С.И. Лилимберг, Г.В. Панина Основа логистики Учебное пособие Костанай, 2021 [Электронный курс]. Режим доступа URL: <https://csukz.ru/nir/%D0%A3%D1%87%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5%20%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%20%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20CORR.pdf> Дата обращения: 6.11.2023
3. А. В. Королев Экономико-математические методы и моделирование Москва Юрайт 2016 [Электронный курс]. Режим доступа URL: <https://publications.hse.ru/pubs/share/folder/inbly3btur/202051943.pdf> Дата обращения: 7.11. 2023

Буляница А.Л.

Математическая модель конвективно-диффузионного переноса наночастиц в полимерном субмиллиметровом слое при седиментационном анализе

*Институт аналитического приборостроения РАН
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-817

Аннотация

Рассматриваются методы аналитического и численного решения обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка. Показано, что оно позволяет моделировать стационарное распределение сферических наночастиц в полимерном слое субмикронной толщины. Задача решена с учетом седиментации и диффузии частиц в одномерном приближении при существенном упрощающем положении о линейности изменения плотности среды при загрузке частиц. Известно, что полученное обыкновенное уравнение второго порядка допускает понижение порядка и может быть решено в квадратурах при задании объемной доли наночастиц на одной из границ и условия непроницаемости другой границы слоя. При этом, рассматриваемый интеграл относится к неберущимся, что обуславливает необходимость использования приближенных методов решения.

Ключевые слова: седиментация, диффузия, полимер, наночастица, понижение порядка дифференциального уравнения, число Пекле, объемная доля, нормированная глубина слоя

Abstract

Methods of analytical and numerical solution of an ordinary differential equation of the second order are considered. It is shown that it makes it possible to model the stationary distribution of spherical nanoparticles in a polymer layer of submicron thickness. The problem is solved taking into account the sedimentation and diffusion of particles in a one-dimensional approximation with a significant simplifying provision on the linearity of the change in the density of the medium during particle loading. It is known that the obtained ordinary equation of the second order admits a decrease in order and can be solved in quadratures by specifying the volume fraction of nanoparticles on one of

the boundaries and the condition of impermeability of the other layer boundary. At the same time, the considered integral belongs to non-finite ones, which necessitates the use of approximate solution methods.

Keywords: Sedimentation, diffusion, polymer, nanoparticle, reduction of the order of the differential equation, Peclet number, volume fraction, normalized layer depth

ВВЕДЕНИЕ

Ранее в наших работах было отмечено влияние присутствия наночастиц в пристеночном слое микроканала на величину электроосмотической подвижности компонентов пробы при электрофоретическом разделении [1]. Их наличие влияет на диэлектрическую проницаемость пристеночного слоя и, соответственно, на профиль поперечного электрического поля и на пространственное распределение конвективной скорости движения компонентов. Тем самым, приобретается возможность регулирования суммарного электрофоретического и электроосмотического потока, задавая условия загрузки и стационарное распределение металлизированных наночастиц в полимерный слой. Очевидно, что задача может быть решена численными методами, например, с помощью пакета прикладных программ COMSOL MULTIPHYSICS. Однако, получение аналитических решений также представляет интерес, поскольку в этом случае методика подбора условий процесса загрузки упрощается по сравнению с подбором всего комплекса расчетных параметров численной модели.

При решении задачи ограничились поиском стационарного распределения объемной доли металлизированных наночастиц по глубине L пристеночного полимерного слоя C . В перспективе планируется переход к решению нестационарного уравнения с оценкой характерных значений времен загрузки.

В данной статье рассматриваются только аспекты, связанные с решением обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка, описывающего полученное стационарное распределение частиц в субмикронном слое превосходящем по глубине диаметр наночастиц.

ИСХОДНЫЕ УСЛОВИЯ И БАЗОВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Физическая постановка задачи и обоснование принятых допущений будут рассмотрены в последующих публикациях. В статье ссылки на необходимые допущения и приближения даются в сокращенном виде исключительно в контексте формирования коэффициентов рассматриваемого уравнения.

Рассматривается решение стационарного распределения концентрации (объемной доли наночастиц), пространственно одномерная задача (нормированная глубина слоя $z=1$), наночастицы имеют сферическую (шаровую) форму.

Скорость седиментации [2], рассматриваемая в качестве конвективной скорости движения, пропорциональна разности плотностей частицы и среды. Однако, по мере входа частиц в слой плотность среды меняется. В модели использовано линейное приближение плотности среды. При этом, считаем неизменным коэффициент кинематической вязкости ν . Также использованы обозначения g – ускорение свободного падения (9.81 м/с^2), k_B – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура. Коэффициент диффузии оцениваем в приближении Стокса-Эйнштейна для сферических частиц. Из удобства использования вместо доли C берем $y=1-C$.

Произвольные постоянные интегрирования должны определяться из двух граничных условий: при $z=0$ условие, связанное с заданной долей частиц (заданное значение y); при $z=1$ условие нулевого потока частиц, как следствие непроницаемости.

Коэффициент диффузии НЧ D от z непосредственно не зависит, но зависит от C (вычисляется производная от сложной функции):

$$\frac{\partial D}{\partial z} = \frac{\partial D}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial z}$$

Следовательно

$$\frac{\partial D}{\partial C} = - \frac{kT(\rho^* - \rho_0)}{3\pi \nu d (\rho_0 + (\rho^* - \rho_0)C)^2}$$

Введем первый коэффициент, имеющий смысл характеристического числа Пекле:

$$Pe = \frac{\pi d^3 L (\rho^* - \rho_0) g}{6kT}$$

Дополнительно введя еще один коэффициент, однозначно определяемый плотностями НЧ ρ^* и среды ρ_0 , а именно,

$$\Psi = \frac{\rho^*}{\rho^* - \rho_0}$$

получим стационарное распределение упо относительной глубине загрузки:

$$(\Psi - y)(y'' + Pe y y') + (y')^2 = 0$$

Далее используется полная производная вместо частной, т.к. зависимость от времени не рассматривается.

Граничные условия:

при $z=0$: $y=y_0$, при $z=1$ условие непроницаемости нижней грани: $-y' + Pe(1-y) = 0$

МЕТОД РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ

Метод понижения порядка осуществляется по схеме:

$$y' = p(y) \Rightarrow y'' = p \frac{dp}{dy}$$

По такой схеме уравнение допускает понижение порядка, поскольку явным образом не присутствует независимая переменная z .

$$(\Psi - y) \left(p \frac{dp}{dy} + Pe y p \right) + p^2 = 0$$

Очевидное решение $p=0$ в общем случае не удовлетворяет обоим граничным условиям (ему соответствует $C=\text{const}$).

После сокращения:

$$\begin{aligned} (\Psi - y) \left(\frac{dp}{dy} + Pe y \right) + p &= 0 \\ \Rightarrow \frac{dp}{dy} + \frac{p}{\Psi - y} &= -Pe y \end{aligned}$$

Последнее уравнение – линейное неоднородное первого порядка с также известным методом решения.

Однородное:

$$\frac{dp}{dy} = - \frac{p}{\Psi - y}$$

Последующее разделение переменных и поиск первообразной потенцированием логарифмов:

$$p = C(\Psi - y)$$

Вариация произвольной постоянной и первое интегрирование по цепочке формул:

$$C'(\Psi - y) = -Pe y$$

$$C = Pe \int \left(1 - \frac{\Psi}{\Psi - y} \right) dy = Pe(y + \Psi \ln(\Psi - y)) + C_1$$

$$p = \frac{dy}{dz} = (\Psi - y)(C_1 + Pe(y + \Psi \ln(\Psi - y)))$$

Переход к решению:

$$\int \frac{dy}{(\Psi - y)(C_1 + Pe(y + \Psi \ln(\Psi - y)))} = z + C_2$$

И как следствие

$$\int_{y_0}^y \frac{dy}{(\psi - y)(C_1 + Pe(y + \psi \ln(\psi - y)))} = z$$

Полученный интеграл относится к так называемым неберущимся (не выражается конечным числом элементарных функций). Следовательно, в любом случае требуется использовать приближенные методы вычисления.

Первый подход: аппроксимация подынтегральной функции полиномом, например, 4-й или 5-й степени (при заданном значении константы C_1) и его почленное интегрирование. Далее поиск значения y , при котором выполнено условие непроницаемости границы $z=1$, и значения y_0 , соответствующего $z=0$ (для этого табулируется первообразная в левой части равенства).

Другими методами является аппроксимация решения исходного обыкновенного дифференциального уравнения степенными рядами (полиномами) либо упрощение уравнения при условиях, для которых значения параметров уравнения становятся большими, что позволяет исключить из уравнения другие слагаемые.

В частности, если изначально плотности частиц и среды близки, то даже если ублизко к 1, параметр Ψ остается большим. Тогда в левой части вместо выражения Ψ уберется Ψ , и уравнение «сокращается» до вида: $y'' + Peuy' = 0$.

Метод решения тот же, что и ранее, но само решение допускает получение аналитических решений на обеих стадиях интегрирования. В зависимости от выбора константы C_1 в левой части равенства получается либо разность арктангенсов, либо разность так называемых двухэтажных логарифмов.

Способ разложения решения в ряд:

Разложение в ряд зависимости p от y приводит к получению последовательной рекуррентной цепочки коэффициентов, связывающих a_n с a_{n-1} , что позволяет легко сформировать аппроксимирующий полином любой степени. Однако, интегрирование потребует поиска первообразной от алгебраической дроби с этим полиномом в знаменателе. Даже стандартный метод его разложения на элементарные слагаемые приведет к необходимости поиска его корней.

Разложение решения как функции нормированной координаты глубины z , имеет свои преимущества, т.к. не требует интегрирования. Однако, схема последовательного вычисления коэффициентов a_n становится весьма сложной уже со 2-го шага. Рассмотрим базовые формулы для квадратичной и кубической аппроксимации.

Квадратичная (параболическая) аппроксимация вида $y \approx a_0 + a_1 z + a_2 z^2$.

Система алгебраических (нелинейных) уравнений с учетом двух граничных условий приводится к виду:

$$\begin{aligned} a_0 &= y_0, \\ -a_1 - 2a_2 + Pe(1 - a_0 - a_1 - a_2) &= 0, \\ (\Psi - a_0)(2a_2 + Pea_0 a_1) + a_1^2 &= 0. \end{aligned}$$

Метод решения: используя первые два уравнения исключить a_0 и a_2 , и преобразовать третье уравнение к квадратному.

При относительной простоте такого подхода, он имеет два недостатка и ограничения. Во-первых, потребуется выбор одного из двух найденных вещественных корней квадратного уравнения. Во-вторых, полученное уравнение имеет вещественные корни не при всех допустимых значениях коэффициентов исходного дифференциального уравнения.

Из условия положительности дискриминанта следует необходимость выполнения неравенства: $(\Psi - y_0)(2(1 - y_0) - Pe y_0) - 4(1 - y_0)(2 + Pe) > 0$.

Согласно этим соображениям, предпочтительна будет кубическая аппроксимация решения, т.к. при применении метода исключения будет получено уравнение 3-й степени для a_1 с заведомо существующим вещественным корнем.

$$\begin{aligned} a_0 &= y_0, \\ -a_1 - 2a_2 - 3a_3 + Pe(1 - a_0 - a_1 - a_2 - a_3) &= 0, \\ (\Psi - a_0)(2a_2 + Pea_0 a_1) + a_1^2 &= 0, \\ (\Psi - a_0)(6a_3 + Pe(a_1^2 + 2a_0 a_2)) + 2a_1 a_2 - Pea_0 a_1^2 &= 0 \end{aligned}$$

Первые два уравнения связаны с разложением граничных условий, третье и четвертое – баланс коэффициентов при разложении исходного дифференциального уравнения по нулевой и первой степеням переменной z .

Численные результаты при выбранных параметрах: $\Psi=1,5$; $Re=0,3$; $y_0=0,7$.

Квадратичная зависимость: $y \approx 0,7000 + 0,0980z - 0,0163z^2$;

Кубическая зависимости: $y \approx 0,7000 + 0,0760z - 0,0044z^2 + 0,0001z^3$.

Для другого значения $y_0=0,3$, получим, соответственно, $y \approx 0,3000 + 0,2113z - 0,0281z^2 + 0,0036z^3$.

При z близких к 1 значения практически совпадают, и расхождение кривых мало. Правда, и диапазон изменения y невелик. Тем не менее, точность квадратичной и кубической аппроксимации сопоставимы. Однако, упомянутые ранее ограничения, связанные с квадратичной аппроксимацией, позволяют отдать предпочтение именно кубической, несмотря на необходимость использования приближенного метода поиска корня либо применение сложных и громоздких формул Тарталья.

Вариант разложения по параметру Ψ или по обратной к нему величине малоэффективен, т.к. этот параметр близок к 1, и сходимость соответствующих рядов будет медленной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Видно, что зависимости имеют схожий характер, близкий линейному. Если исходить из базовых физических закономерностей, то загрузка частиц в процессе седиментации при малости вклада диффузии и должна приводить к стационарному распределению НЧ с постоянным градиентом объемной доли по глубине слоя. На базе полученного решения можно будет оценивать среднюю концентрацию (долю) НЧ, в том числе изготовленных из металлизированных магнитных материалов. В этом случае рассмотренное уравнение и его решение будут способствовать оцениванию вклада приповерхностного микронного и субмикронного полимерного слоя с НЧ в формирование поперечных магнитного и электростатического поля.

Расчет этих эффектов, а также временных характеристик формирования стационарного распределения НЧ будут являться предметом дальнейших исследований, результатом которых предполагается получение расчетных оценок на основе приближенных вычислительных методов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №075-01157-23-00 (тема «Микрофлюидные устройства с интегрированными функциональными микро- и наноразмерными структурами для биологических и медицинских исследований»).

1. Shmykov A.Y., Bulyanitsa A.L., Timerbaev A.R. Combination of electrophoresis, chromatography, and magnetism in a single separation technique: Part 1: a first theoretical evaluation // Journal of liquid chromatography, 2018, 41, 1. С.43-58 DOI: 10.1080/10826076.2017.1418375
2. Ходаков Г.С., Юдкин Ю.П. Седиментационный анализ высокодисперсных систем. М. Химия. 1981. 192 с.

Гарминович Н.А.

О редукции дифференциальных уравнений

Мичуринский государственный аграрный университет

Социально-педагогический институт

(Россия, Мичуринск)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-818

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы редукции дифференциальных уравнений, приводятся образующие дискретной группы преобразований, позволяющие свести исследование класса уравнений к исследованию алгебраической зависимости между векторами существенных параметров, которое усложняется операцией обращения интеграла.

Ключевые слова: математика, редукция, дифференциальные уравнения, групповой анализ, интеграл, решение.

Abstract

The article discusses the issues of reduction of differential equations, presents the generators of a discrete group of transformations, which make it possible to reduce the study of a class of equations to the study of the algebraic dependence between vectors of essential parameters, which is complicated by the operation of inversion of the integral.

Keywords: mathematics, reduction, differential equations, group analysis, integral, solution.

Квантовая задача, описывающая попарное взаимодействие нескольких осцилляторов переменной частоты, находящихся под действием внешних сил, при этом функции связи осцилляторов симметричны по времени и исчезают на бесконечности сводится к задаче Коши для нестационарного уравнения Шредингера с гамильтонианом квадратичной формы, коэффициентами, зависящими от времени, и начальным условием, заданным на бесконечности. Условие представления решения уравнения в виде произведения нескольких собственных функций асимптотических гамильтонианов приводит к необходимости использования таких преобразований зависимой и независимых переменных, которые определяют редукцию задачи Коши для уравнения с частными производными, к классическим задачам для обыкновенных дифференциальных уравнений [2]. Вопрос об обратной редукции, при которой из полученного множества интегрируемых обыкновенных дифференциальных уравнений получится уравнений в частных производных и заданными свойствами решений.

С теоретической точки зрения, всегда найдется преобразование подобия, связывающее две системы координат, в одной из которых рассматриваемое дифференциальное уравнение имеет решение с разделенными переменными, А следовательно, всегда существует редукция от уравнения с частными производными (УЧП) к обыкновенным дифференциальным уравнениям (ОДУ) [4]. Под обратной редукцией будем понимать преобразование, повышающее равномерность уравнения, от уравнения с частными производными к обыкновенным дифференциальным уравнениям.

Пусть дан класс уравнения с частными производными (УЧП) допускающий непрерывную группу преобразований эквивалентности такую, что ее действие связывает решения двух УЧП через решения ОДУ.

Группа преобразований эквивалентности, связывающая множество решений УЧП через множество решений ОДУ, принадлежащих орбите дискретной группы эквивалентности, является дискретной группой (ДГ) эквивалентности на классе уравнений с частными производными [3].

Число решений уравнения с частными производными, заданное на аргументах как функция переменных, которые являются решениями обыкновенных дифференциальных уравнений, определяется порядком дискретной группы преобразований (ДГП).

Рассматриваем линейные обыкновенные дифференциальные уравнения второго порядка канонического вида $y'' + f(x)y = 0$.

В силу доказанной В.Ф. Зайцевым теоремы, любое линейное дифференциальное уравнение второго порядка, интегрируемое точечными непрерывными преобразованиями,

имеет вид $y'' - \frac{a''(t)}{a(t)} \cdot y = 0$ с точностью до произвольного непрерывного преобразования функции $a(t)$ [3].

Непрерывные касательные преобразования и преобразования Беклунда в силу специфики метода Ли алгоритмически не определяются. Исключая угадывание и известные преобразования для стандартных уравнений, одним из эффективных методов интегрирования и симметричного описания обыкновенных дифференциальных уравнений является дискретно-

групповой анализ, в основе которого лежит требование замкнутости действия в выбранном классе обыкновенных дифференциальных уравнений.

Множество Q обратимых преобразований, отображающих класс D в себя: $y'' + f(x)y = 0$ называется дискретной группой эквивалентности, допускаемой классом D .

Используя непрерывные отображения класса линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка на класс уравнений Риккати, строится группа преобразований класса линейных ОДУ второго порядка. По построению эта группа нелокальная, так как процедура понижения порядка уравнения содержит производную, а обратная к ней – экспоненту от интеграла «старой» функции, использование которой для определения новых элементов затруднительно. Однако на множестве решений рассматриваемого класса уравнений доказывается, что преобразования группы являются локальными, что позволяет их использовать для получения новых интегрируемых случаев.

Если множество решений $z_k(\tau_k)$ обыкновенных дифференциальных уравнений, связанных дискретной группой эквивалентности - счетно, то существует бесконечное множество решений уравнений с частными производными, определенных на аргументах x_k как на функциях τ_k .

Доказано, что непрерывная группа эквивалентности, действующая на классе линейных уравнений Шредингера с квадратичным гамильтонианом, связывает решения двух уравнений с частными производными через решения линейных однородного и неоднородного обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка [1].

Группа, построенная на линейном уравнении Шредингера, имеет три образующие: непрерывную и две дискретных, независимые друг от друга и разбивающие множество разрешимых уравнений на подклассы, связанных отношениями эквивалентности.

Знание представлений образующих дискретной группы позволяет свести исследование класса D к исследованию алгебраической зависимости между векторами существенных параметров, которое усложняется лишь операцией обращения интеграла.

Дискретная группа эквивалентности действует на классе задач Коши для уравнения Шредингера с квадратичным гамильтонианом и разбивает множество решений такой задачи на непересекающиеся подмножества эквивалентности по дискретным группам эквивалентности.

Для построения точного решения задач Коши для линейного уравнения Шредингера с квадратичным гамильтонианом волновая функция при $t \rightarrow \infty$ является собственной функцией асимптотических гамильтонианов, предлагается использовать следующий алгоритм.

1. Для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с переменными коэффициентами $y'' + f(x)y = 0$, (решение неоднородного уравнения выражается через решение соответствующего однородного уравнения), где потенциал является непрерывной

функцией вида $f(x) = \frac{a''(x)}{a(x)}$

или $f(x) = \frac{2a \cdot a'' - a'^2 + b}{4a^2}$

строятся разрешимые случаи из известных с помощью образующих χ и R дискретной группы эквивалентности:

$$\chi : f(x) \rightarrow \psi = \frac{1}{\tau^4 \cdot f\left(F^{-1}\left(\frac{1}{\tau}\right)\right)} \quad R : f(x) \rightarrow \varphi(t) = \frac{1}{f\left(F^{-1}(t)\right)}$$

2. Выбирается уравнение, наиболее «близкое» исследуемому, где близость задается требованиями пользователя.

3. В силу обратимости преобразований по формулам функционального представления образующих

$$\begin{cases} z = w' \cdot \tau - w \\ x = F^{-1}\left(\frac{1}{\tau}\right) \end{cases},$$

$F(x)$ - первообразная функции $f(x)$,

$$x = F^{-1}\left(\frac{1}{\tau}\right) \text{-обращение интеграла } \int f(x) \cdot dx = \frac{1}{\tau}$$

$$\begin{cases} z = \bar{z}' \\ x = F^{-1}(t) \end{cases}$$

$$x = F^{-1}(t) \text{-обращение интеграла } \int f(x) \cdot dx = t$$

выписывается решение поставленной задачи Коши для ОДУ.

4. Обратная редукция задает решение задачи Коши для уравнения Шредингера, удовлетворяющего поставленным начальным условиям.

Вид такого решения при различных значениях элементов орбиты «подходящего» потенциала, определяется по формулам связи [1].

Например, уравнение $y'' + \frac{2}{\cos^2 x} y = 0$

Имеет решение вида $y = C_1 \cdot (tg^2 x - x \cdot tg x) + C_2 tg x$

Его потенциал - функция $f(x) = \frac{2}{\cos^2 x} = \frac{a''(x)}{a(x)}$, где $a(x) = tg x$,

тогда новая переменная τ , определяется из условия:

$$F(x) = \int \frac{2 \cdot dx}{\cos^2 x} = 2 \cdot tg x = \frac{1}{\tau}, \quad x = arctg \frac{2}{\tau}, \text{ откуда}$$

$$\psi = \frac{1}{\tau^4 \cdot f\left(F^{-1}\left(\frac{1}{\tau}\right)\right)}$$

- новый потенциал для уравнения $w'' + \psi(\tau) \cdot w = 0$,
решение которого выписывается с помощью формул:

$$w = y' \cdot \tau = \tau \cdot C_1 \frac{\tau^2}{\tau^2 + 4} \cdot \frac{1}{2} arctg(2\tau) + \tau^2 \cdot C_1 - \frac{C_2 \cdot \tau^4}{\tau^4 + 4}.$$

Областью представления точных решений считаем множество алгебраических функций, пополненное экспонентой и применением конечного числа символов определенного интеграла. Поиск решений в рассматриваемом классе уравнений позволяет прогнозировать разрешимость уравнений на основе некоторого множества известных, на основе алгебраических соотношений.

1. Гарминович Н.А. Групповой анализ и редукция уравнения Шредингера для нескольких попарно связанных осцилляторов // (Автореф. дисс.канд. физ.мат.наук <https://fizmathim.com/gruppovoy-analiz-i-reduktsiya-uravneniya-shredingera-dlya-neskolkih-svyazannyh-ostsillyatorov>)
2. Дубровский Г.В., Денисенко А.И. Неупругие переходы при столкновении многомерных гармонических осцилляторов // Теоретическая и математическая физика. – М., 1986. – Т.68. – №2, август, – с.255-264.
3. Зайцев В.Ф. Дискретно-групповой анализ обыкновенных дифференциальных уравнений // Дифференциальные уравнения. – 1989. – т.25. – №3. – С.379-387.
4. Овсянников Л.В. Групповой анализ дифференциальных уравнений. – М.: Наука, 1978. – 399 с.

Залукаева О.В.

Способы вычисления потока векторного поля

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В.Ломоносова
(Россия, Северодвинск)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-819

Аннотация

Статья посвящена обзору методов вычисления потока векторного поля. Приведен пример вычисления потока для одного и того же поля и поверхности различными способами, даны подробные разъяснения и выкладки.

Ключевые слова: теория поля, поток векторного поля, нормаль к поверхности, замкнутая поверхность, теорема Гаусса-Остроградского

Abstract

The article is devoted to a review of methods for calculating the flow of a vector field. An example of calculating the flux for the same field and surface in different ways is given, detailed explanations and calculations are given.

Keywords: field theory, vector field flow, surface normal, closed surface, Gauss-Ostrogradsky theorem

Понятие потока вектора является одним из важнейших определений теории поля. Как известно, это понятие широко используется во многих областях науки и техники. Многообразие методов и приемов вычисления потока векторного поля требует умения выбрать тот или иной способ для оптимального решения конкретной задачи. Кроме того, анализ и применение различных подходов к вычислению потока векторного поля способствует более глубокому освоению самого понятия потока.

В таблице 1 приведен обзор основных методов вычисления потока векторного поля и кратко изложена их суть [1].

Таблица 1

Способы вычисления потока векторного поля.

	Название	Условие применения	Суть метода
1	Метод проектирования на одну из координатных плоскостей	Поверхность S проектируется взаимно однозначно на одну из координатных плоскостей	<p>Пусть S проектируется в область D_{xy} плоскости xOy: $z = f(x, y)$.</p> <p>Элемент dS площади поверхности $dS = \frac{dxdy}{ \cos \gamma }$.</p> $\Pi = \iint_S (\vec{a}, \vec{n}^0) dS = \iint_{D_{xy}} \left. \frac{(\vec{a}, \vec{n}^0)}{ \cos \gamma } \right _{z=f(x,y)} dxdy,$ <p>$\vec{n}^0 = \pm \frac{\text{grad}(z - f(x, y))}{ \text{grad}(z - f(x, y)) }$, где Знак «+», если угол γ между осью Oz и нормалью \vec{n}^0 острый, «-», если γ тупой.</p>
2	Метод проектирования на все три координатные плоскости	Поверхность S взаимно однозначно проектируется на все три координатные плоскости	<p>D_{xy}, D_{xz}, D_{yz} - проекции S на xOy, xOz, yOz соответственно, $\vec{a} = P(x, y, z)\vec{i} + Q(x, y, z)\vec{j} + R(x, y, z)\vec{k}$.</p>

			$\Pi = \pm \iint_{D_{yz}} P[x(y,z), y, z] dydz \pm \iint_{D_{xz}} Q[x, y(x,z), z] dx dz \pm \iint_{D_{xy}} R[x, y, z(x,y)] dx dy,$ <p style="text-align: center;">знак выбирается таким, каков знак $\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma$ на поверхности S.</p>
3	Метод введения криволинейных координат	<p>Поверхность S является частью кругового цилиндра</p> $x^2 + y^2 = R^2,$ <p>ограниченного</p> $z = f_1(x, y), \quad z = f_2(x, y),$ $f_1(x, y) \leq f_2(x, y)$	<p>Полагая $x = R \cos \varphi, \quad y = R \sin \varphi, \quad z = z,$</p> $\Pi = R \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{f_1(R \cos \varphi, R \sin \varphi)}^{f_2(R \cos \varphi, R \sin \varphi)} (\bar{a}, \bar{n}^0) dz,$ $\bar{n}^0 = \frac{\text{grad}(x^2 + y^2 - R^2)}{ \text{grad}(x^2 + y^2 - R^2) } = \frac{x\bar{i} + y\bar{j}}{R}$
		<p>Поверхность S является частью сферы</p> $x^2 + y^2 + z^2 = R^2,$ <p>ограниченной коническими поверхностями</p> $\theta = f_1(\varphi), \quad \theta = f_2(\varphi) \quad \text{и}$ <p>полуплоскостями</p> $\varphi = \varphi_1, \quad \varphi = \varphi_2$	<p>Полагая</p> $x = R \cos \varphi \sin \theta, \quad y = R \sin \varphi \sin \theta, \quad z = R \cos \theta,$ $\varphi_1 \leq \varphi \leq \varphi_2, \quad \theta_1 \leq \theta \leq \theta_2.$ <p>Элемент площади S: $dS = R^2 \sin \theta d\theta d\varphi$</p> $\Pi = R^2 \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi \int_{\theta_1}^{\theta_2} (\bar{a}, \bar{n}^0) \sin \theta d\theta$ $\bar{n}^0 = \frac{\text{grad}(x^2 + y^2 + z^2 - R^2)}{ \text{grad}(x^2 + y^2 + z^2 - R^2) } = \frac{x\bar{i} + y\bar{j} + z\bar{k}}{R}$
4	Поток через замкнутую поверхность. Теорема Гаусса-Остроградского	<p>Σ - замкнутая кусочно-гладкая поверхность,</p> <p>V - область, ограниченная Σ,</p> <p>$P(x, y, z), Q(x, y, z), R(x, y, z)$ непрерывны вместе с $\frac{\partial P}{\partial x}, \frac{\partial Q}{\partial y}, \frac{\partial R}{\partial z}$ в области G, содержащей Σ</p>	$\Pi = \iiint_{\Sigma} (\bar{a}, \bar{n}^0) d\sigma = \iiint_V \left(\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z} \right) dv$

Пример. Найти поток вектора $\bar{a} = x\bar{i} + y\bar{j} + z\bar{k}$ через часть поверхности параболоида $z = \frac{H}{R^2}(x^2 - y^2)$, вырезаемую плоскостями $x = R, z = 0, x = 0$, ориентированной в соответствии с направлением орта \bar{k} [2].

Решение. Для решения задачи можно применить несколько подходов.

Метод проектирования на одну из координатных плоскостей

Данная поверхность (часть гиперболического параболоида) проектируется взаимно однозначно на плоскость xOy в треугольник D_{xy} (рис.1).

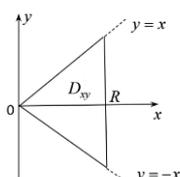


Рисунок 1.

Находим орт нормали \bar{n}^0 к поверхности S :

$$\bar{n}^0 = \frac{\text{grad}\left(z - \frac{H}{R^2}(x^2 - y^2)\right)}{\left|\text{grad}\left(z - \frac{H}{R^2}(x^2 - y^2)\right)\right|} = \frac{-\frac{H}{R^2} \cdot 2x\bar{i} + \frac{H}{R^2} \cdot 2y\bar{j} + \bar{k}}{\sqrt{\frac{H^2}{R^4} \cdot 4x^2 + \frac{H^2}{R^4} \cdot 4y^2 + 1}} = \frac{-2Hx\bar{i} + 2Hy\bar{j} + R^2\bar{k}}{\sqrt{4H^2x^2 + 4H^2y^2 + R^4}}$$

По условию задачи нормаль образует острый угол с осью Oz , поэтому перед дробью выбран знак плюс. Таким образом,

$$\cos \gamma = \frac{R^2}{\sqrt{4H^2x^2 + 4H^2y^2 + R^4}} > 0$$

Элемент площади

$$dS = \frac{dxdy}{|\cos \gamma|} = \frac{\sqrt{4H^2x^2 + 4H^2y^2 + R^4}}{R^2} dxdy$$

Находим скалярное произведение (\bar{a}, \bar{n}^0) :

$$(\bar{a}, \bar{n}^0) = \frac{-2Hx^2 + 2Hy^2 + R^2z}{\sqrt{4H^2x^2 + 4H^2y^2 + R^4}}$$

Вычисляем поток:

$$\begin{aligned} \Pi &= \iint_S (\bar{a}, \bar{n}^0) dS = \iint_{D_{xy}} \frac{1}{R^2} (-2Hx^2 + 2Hy^2 + R^2z) \Big|_{z=\frac{H}{R^2}(x^2-y^2)} dxdy = \\ &= -\frac{H}{R^2} \iint_{D_{xy}} (x^2 - y^2) = -\frac{H}{R^2} \int_0^R dx \int_{-x}^x (x^2 - y^2) dy = -\frac{H}{R^2} \int_0^R \left(x^2y - \frac{y^3}{3} \right) \Big|_{-x}^x dx = \\ &= -\frac{4}{3} \frac{H}{R^2} \int_0^R x^3 dx = -\frac{H}{3R^2} x^4 \Big|_0^R = -\frac{HR^2}{3}. \end{aligned}$$

Отметим, что взаимно однозначно поверхность проектируется также на плоскость yOz .

С использованием теоремы Гаусса-Остроградского

Для того, чтобы можно было применить теорему Гаусса-Остроградского, замкнем снизу данную поверхность участком плоскости $z=0$, ограниченным треугольником $y=x$, $y=-x$, $x=R$; сбоку – участком плоскости $x=R$, ограниченным параболой $z = \frac{H}{R^2}(R^2 - y^2)$, $z \geq 0$

Пусть V - объем полученного тела, ограниченного замкнутой кусочно-гладкой поверхностью σ , состоящей из части σ_1 гиперболического параболоида $z = \frac{H}{R^2}(x^2 - y^2)$, части σ_2 плоскости $z=0$, и части σ_3 плоскости $x=R$ (рис.2).

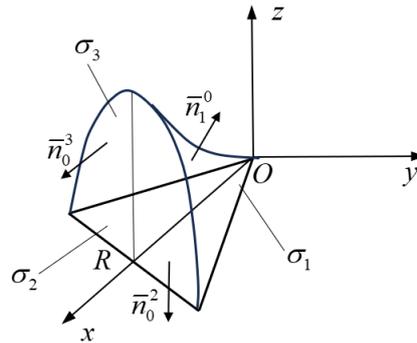


Рисунок 2.

Поток вектора \vec{a} через поверхность σ по теореме Гаусса-Остроградского равен

$$\Pi = \iiint_{\sigma} (\vec{a}, \vec{n}^0) d\sigma = \iiint_V \left(\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z} \right) dv$$

Следовательно, поток

$$\begin{aligned} \Pi &= \iiint_V \left(\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z} \right) dv = \iiint_V 3 dv = 3 \int_0^R dx \int_{-x}^x dy \int_0^{\frac{H}{R^2}(x^2-y^2)} dz = \\ &= 3 \int_0^R dx \int_{-x}^x \frac{H}{R^2} (x^2 - y^2) dy = \frac{3H}{R^2} \int_0^R \left(x^2 y - \frac{y^3}{3} \right) \Big|_{-x}^x dx = \frac{4H}{R^2} \int_0^R x^3 dx = \frac{4H}{R^2} \cdot \frac{x^4}{4} \Big|_0^R = HR^2. \end{aligned}$$

В силу аддитивности потока, имеем

$$\Pi = \iint_{\sigma_1} (\vec{a}, \vec{n}_1^0) d\sigma + \iint_{\sigma_2} (\vec{a}, \vec{n}_2^0) d\sigma + \iint_{\sigma_3} (\vec{a}, \vec{n}_3^0) d\sigma = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 = HR^2.$$

Отсюда искомый поток

$$\Pi_1 = HR^2 - \Pi_2 - \Pi_3 = HR^2 - \iint_{\sigma_2} (\vec{a}, \vec{n}_2^0) d\sigma - \iint_{\sigma_3} (\vec{a}, \vec{n}_3^0) d\sigma.$$

Поток Π_2 вектора \vec{a} через треугольник $y = x$, $y = -x$, $x = R$ равен нулю, т.к. единичный вектор нормали \vec{n}_2^0 к поверхности σ_2 ($z = 0$)
 $\vec{n}_2^0 = -\vec{k}$,

скалярное произведение $(\vec{a}, \vec{n}_2^0) = -z = 0$.

Поток Π_3 через часть плоскости $x = R$, ограниченной параболой $z = \frac{H}{R^2}(R^2 - y^2)$, $z \geq 0$:

$$\Pi_3 = \iint_{D_{yz}} R dy dz = R \int_{-R}^R dy \int_0^{\frac{H}{R^2}(1-\frac{y^2}{R^2})} dz = HR \int_{-R}^R \left(1 - \frac{y^2}{R^2} \right) dy = HR \left(y - \frac{y^3}{3R^2} \right) \Big|_{-R}^R = \frac{4}{3} HR^2,$$

т.к. в этом случае единичный вектор нормали к поверхности $\vec{n}_3^0 = \vec{i}$, скалярное произведение $(\vec{a}, \vec{n}_3^0) = x = R$. Проекция D_{yz} поверхности σ_3 на плоскость yOz изображена на рис.3.

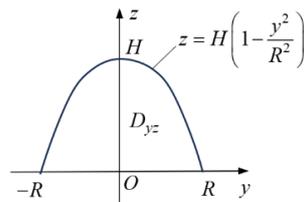


Рисунок 3.

Таким образом, искомый поток

$$P_1 = HR^2 - \frac{4}{3}HR^2 = -\frac{HR^2}{3}.$$

По трудоемкости предложенные решения в данном случае приблизительно одинаковы.

1. Краснов, М.Л., Киселев, А.И., Макаренко, Г.И. Векторный анализ: учебное пособие/ М.Л. Краснов. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 144 с.
2. Ефимов, А.В., Поспелов, А.С. Сборник задач по математике для вузов. В 4 частях. Ч.3: Учебное пособие для вузов/ под общ. ред. А.В. Ефимова и А.С. Поспелова – М.: Изд. Физико-математической литературы, 2002. – 576 с.

Марахова В.С.

Понятие о численных методах решения обыкновенных дифференциальных уравнений

Самарский государственный экономический университет

(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-820

Научный руководитель: Макаров С.И.

Аннотация

Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений являются важным инструментом в современной науке и технике. Они позволяют нам аппроксимировать и находить численные решения сложных математических моделей, которые описывают различные физические явления. В данной статье мы рассмотрим основные понятия и методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений, а также приведем примеры их применения.

Ключевые слова: дифференциальные уравнения, ОДУ, метод Эйлера, метод Рунге-Кутты, методы Пикара.

Abstract

Numerical methods for solving ordinary differential equations are an important tool in modern science and technology. They allow us to approximate and find numerical solutions to complex mathematical models that describe various physical phenomena. In this article we will consider the basic concepts and methods of numerical solution of ordinary differential equations, as well as give examples of their application.

Keywords: differential equations, ODE, Euler method, Runge-Kutta method, Picard methods.

Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений являются важным инструментом в различных областях науки и техники. Они позволяют приближенно находить численное решение дифференциального уравнения, когда аналитическое решение неизвестно или сложно получить.

В данном подразделе мы познакомимся с основными понятиями и принципами численных методов, используемых для решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

Первоначально необходимо понять, что такое обыкновенное дифференциальное уравнение (ОДУ). ОДУ — это уравнение, связывающее неизвестную функцию одной переменной с ее производными. Примерами ОДУ могут служить линейные и нелинейные уравнения первого и высших порядков.

Численные методы применяются для перевода ОДУ из непрерывной формы в дискретную форму, чтобы можно было использовать компьютер для его решения. В основе численных методов лежит аппроксимация производной функции с помощью конечной разности или других методов.

Одним из самых простых численных методов является метод Эйлера. Он основан на аппроксимации производной функции с помощью разделенной разности. Метод Эйлера позволяет последовательно вычислять значения функции в дискретных точках по заданному шагу. Однако он может быть неточным и иметь большую погрешность при больших значениях шага.

Более точные и устойчивые численные методы включают в себя метод Рунге-Кутты, метод Адамса и многошаговые методы. Эти методы используются для решения ОДУ более высокого порядка и обладают лучшей точностью и стабильностью по сравнению с простыми методами. [1] [3]

В заключение, численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений играют важную роль в науке и технике. Они позволяют получать приближенные решения, когда аналитическое решение недоступно или сложно получить. Понимание основных принципов и практики использования этих методов является необходимым для работы с дифференциальными уравнениями в реальных задачах.

Метод Эйлера является одним из наиболее простых численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Он основан на аппроксимации производной функции с помощью конечной разности.

Принцип работы метода заключается в том, что мы разбиваем интервал интегрирования на равные части и аппроксимируем значение функции в каждой точке через линейное приближение. Пусть $y(x)$ - решение ОДУ, тогда для заданного шага h мы можем выразить приближенное значение в точке $x+h$ через предыдущие значения: $y(x+h) \approx y(x) + h * f(x, y(x))$, где $f(x, y)$ - правая часть дифференциального уравнения.

Метод Эйлера имеет несколько модификаций, которые позволяют улучшить точность результата. Одна из таких модификаций - метод усреднения (метод Средних). В этом случае значение функции в середине интервала аппроксимируется как среднее между двумя значениями на концах: $y(x+h/2) \approx y(x) + (h/2) * f(x, y(x))$.

Еще одной модификацией является метод Рунге-Кутты. Он использует несколько промежуточных приближений для вычисления значения функции в следующей точке. Более сложная формула позволяет учитывать не только значение производной в начальной точке x , но и в промежуточных точках.

Важно отметить, что метод Эйлера и его модификации являются явными методами, то есть требуют знания значений функции $y(x)$ на предыдущем шаге. Также они имеют ограничения на выбор шага h - слишком большой шаг может привести к потере точности, а слишком маленький может вызвать высокую вычислительную сложность.

Метод Эйлера и его модификации являются основой для более сложных численных методов решения ОДУ. Они часто используются в компьютерном моделировании и научных расчетах для получения приближенного решения дифференциальных уравнений. [2]

Метод Рунге-Кутта является одним из наиболее распространенных численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Этот метод особенно эффективен при решении нелинейных или жестких систем дифференциальных уравнений.

Основная идея метода Рунге-Кутта заключается в аппроксимации функции, заданной дифференциальным уравнением, путем последовательного вычисления значения функции в

различных точках. В результате получается набор значений функции на различных шагах времени, что позволяет численно приблизить ее поведение во всем интервале времени.

Применение метода Рунге-Кутты требует определения коэффициентов, которые используются для вычисления значений функции в каждой точке. Количество и значения этих коэффициентов зависят от выбранной версии метода Рунге-Кутты. Например, самый простой и распространенный метод имеет четырехточечную формулу и требует вычисления четырех коэффициентов.

Применение метода Рунге-Кутты может быть достаточно сложным, поскольку требуется правильно выбрать шаг интегрирования и точность вычислений. Слишком большой шаг может привести к потере точности результата, а слишком маленький шаг может существенно увеличить время вычислений.

Однако, метод Рунге-Кутты обладает несколькими преимуществами. Во-первых, он достаточно универсален и может быть применен для решения различных типов дифференциальных уравнений. Во-вторых, данный метод обладает хорошей стабильностью и надежностью при численном решении дифференциальных уравнений. [3]

В заключение можно отметить, что метод Рунге-Кутты является одним из наиболее популярных численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Его применение позволяет получить приближенное численное решение с заданной точностью. Однако для эффективного использования этого метода необходимо тщательно подобрать параметры вычислений.

Методы Пикара являются одним из классических численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Они основаны на разложении решения ОДУ в ряд Тейлора и последующем приближенном вычислении коэффициентов этого разложения.

Идея методов Пикара заключается в том, чтобы заменить исходное дифференциальное уравнение системой интегральных уравнений, которые можно решить численно. Для этого используется рекуррентное соотношение, связывающее приближенные значения функции с предыдущими значениями.

Теория сходимости методов Пикара позволяет оценивать точность получаемых приближенных значений. Сходимость метода означает, что с увеличением числа итераций точность приближения будет стремиться к точному решению дифференциального уравнения.

Основным результатом теории сходимости методов Пикара является теорема о сходимости, которая устанавливает условия, при которых метод гарантированно сходится к точному решению ОДУ. [4]

Теория сходимости методов Пикара имеет важное практическое значение, так как позволяет выбирать оптимальные параметры метода для достижения требуемой точности вычислений. Кроме того, она дает возможность оценить ошибку приближенного решения и контролировать ее в процессе численных вычислений.

В заключение можно отметить, что методы Пикара являются эффективным инструментом для численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Теория сходимости этих методов позволяет обоснованно применять их в практических задачах различной сложности.

1. Хайруллин М. Р., Численные методы в задачах математической физики и механики / М.Р. Хайруллин // Москва: Издательский центр "Академия", 2013 – С. 38-56
2. Бутковский А.Г., Численные методы: Учебное пособие / А.Г. Бутковский // Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015 – С. 47-52
3. Пескина Е.Н., Седов А.С., Численные методы для научно-технических расчетов / Е.Н. Пескина, А.С. Седов // Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005 – С. 121-129
4. Гардинер К., Стохастические дифференциальные уравнения / К. Гардинер // Москва: Наука, 2016 – С. 48

Полякова И.С.

Ноль и единица как «недочисла». «Черный ящик»

*Кубанский государственный технологический университет
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-821

Аннотация

Все числа преобразуют другие числа с помощью математических операций, но есть числа, которые при математических операциях не преобразуют другие числа, например, ноль при сложении и вычитании, единица при умножении и делении. Поэтому это «нелюбимые», «получисла». Ноль – это «получисло» первой степени, а единица – второй. С нулем отличаются все математические операции, с единицей большинство. Математические операции можно представить, как «черный ящик», чтобы визуализировать изменение чисел.

Ключевые слова: ноль, единица, умножение, математические операции, изменчивость, «черный ящик»

Abstract

All numbers convert other numbers using mathematical operations, but there are numbers that in mathematical operations do not convert other numbers, for example, zero in addition and subtraction, one in multiplication and division. Therefore, they are «seminumbers». Zero is the «seminumber» of the first degree, and one is the second. With zero all mathematical operations differ, with a unit majority. Mathematical operations can be represented as a «black box» to visualize the change in numbers.

Keywords: zero, one, multiplication, mathematical operations, variability, «black box»

Эту теорию я начала писать 22.02.2022 – какое чудесное симметричное число! Как раз в десять вечера... Симметричная дата 20.02.2002, и следующее такое число будет 22.02.2202. Больше красивых дат только из двоек не будет, теперь надо ждать следующую красивую дату 30.03.3003. Теория чисел началась с красивого числа! На эту теорию меня натолкнула фраза: «Сейчас ноль градусов. А в два раза холоднее - это тоже ноль».

Как уже было сказано, числа с помощью математических операций преобразуют другие числа, при это меняется результат, был один, стал два, например, $1+1=2$. Было два, стало три, $2+1=3$ [1, 2]. Было десять, стало пять: $10/2=5$. Можно представить математические операции, как черный ящик, который обозначим \cap , тогда $1\cap 2$, $2\cap 3$, $10\cap 5$. Числа в результате математических операций преобразуют другие числа. Но с нулем у нас все по-другому: $1+0=1$, $2-0=2$, $3*0=0$, то есть $1\cap 1$, $2\cap 2$, $3\cap 0$, математические операции с нулем не меняют или обнуляют числа. Рассмотрим математические операции с единицей: $2+1=3$, $4-1=3$, $5*1=5$, $5/1=5$, тогда $2\cap 3$, $4\cap 3$, $5\cap 5$, $5\cap 5$. Если обозначить математические операции с помощью символа \cap , то видно само преобразование, было число 2, стало 3; было число 4, стало 3; было число 5, стало опять же пять, изменения не произошло. $0\cap 0$, если защита операция умножения. При этом 0 может быть как исходным числом, так и в «коробке», то есть $0+3=3$ и $3+0=3$, $0\cap 3$ и $3\cap 3$, поэтому опять же важен порядок математических операций. Символ \cap можно заменить на \rightarrow , $0\rightarrow 3$ и $3\rightarrow 3$. В первом случае ноль – исходное число, во втором случае ноль – оператор. То же самое с единицей.

Это «недочисла», «получисла», числа низшего порядка. Ноль - это «получисло» первой степени, а единица – второй... Если мы будем группировать числа по степени «схожести» основных математических операций, то все числа можно представить в виде таблицы 1. Здесь мы рассматриваем числа, как математические «операторы», как они меняют, «видоизменяют» исходные числа. При этом некоторые несоответствия можно решить число технически, «правильным» написанием.

Таблица 1

Свойство математических операций для нуля, единицы, минус единицы и остального бесконечного множества чисел.

Число	Свойство математических операций при классической школе	Буквенное выражение	Определение числа
0	Нет обратного числа Нет противоположного числа Не работает изменчивость при умножении (ноль «поглощает» числа) Ноль не изменяет числа при сложении Не работает изменчивость при возведении в степень (многократном умножении) При возведении в нулевую степень всегда получается единица	0 и $1/0$ $+0$ и -0 $a \cdot 0 = b$, где $b = 0 \cdot a$ $a + 0 = c$, где $c = 0 + a$ $0 * 0 = 0^2$ $a0 = 1$	0 – получисло первой степени
1	Обратное число совпадает с самой единицей Не работает изменчивость при умножении (единица не изменяет числа) Не работает изменчивость при возведении в степень (многократном умножении) Нет различия между умножением на единицу и делением на единицу При возведении в первую степень число не меняется	1 и $1/1$ $a \cdot 1 = b$, где $b = a \cdot 1$ $1 * 1 = 1^2$ $a \cdot 1 = b$, где $b = a \cdot 1$, $a : 1 = c$, где $c = a : 1$, $a1 = 1$	1 – получисло второй степени
-1	Обратное число совпадает с минус единицей При умножении минус единица меняет знак числа Не работает изменчивость при возведении в степень, чередуются +1 и -1 Нет различия между умножением на минус единицу и делением на минус единицу При возведении в минус первую степень число меняется на обратное	-1 и $1/(-1)$ $a \cdot (-1) = b$, где $b = a \cdot (-1)$ $(-1) * (-1) = (-1)^2$ $a \cdot 1 = b$, где $b = a \cdot 1$, $a : 1 = c$, где $c = a : 1$, $a \cdot 1 = 1/a$	-1 – получисло второй степени
Остальные числа	Работают свойства изменчивости при сложении, умножении, возведении в степень		

С единицей все менее сложно, не работает изменчивость только операции умножения и умножение на единицу не отличается от деления на единицу. Причем при умножении любого числа на ноль всегда получается ноль. А при умножении числа на единицу получается само число (таблица 2).

Таблица 2

Изменчивость при математических операциях для 0, 1 и остальных чисел

Ноль	Единица	Минус единица	Остальные числа
Сложение с нулем – числа не видоизменяются	Сложение с единицей – числа видоизменяются	Сложение с минус единицей – числа видоизменяются	Сложение – числа видоизменяются
Умножение на ноль – числа «обнуляются»	Умножение на единицу – числа не видоизменяются	Умножение на минус единицу – число меняется на противоположное	Умножение – числа видоизменяются
Возведение ноля в степень – ноль не видоизменяется	Возведение единицы в степень – единица не видоизменяется	Возведение минус единицы в степень – чередуются +1 и -1	Возведение в степень – числа видоизменяются
Возведение в нулевую степень – все числа равны единице	Возведение в первую степень – числа не видоизменяются	Возведение в минус первую степень – числа меняются на обратные	Возведение в степень – числа видоизменяются

Ноль и единица – это числа, свойства которых отличаются от свойств большинства остальных чисел, поэтому ноль можно назвать «получислом», «недочислом» 1-й степени, а единицу – «получислом», «недочислом» 2-й степени [3, 4]. Только эти три числа отличаются по свойствам от остального бесконечного множества чисел. Ноль отличается от других чисел, поэтому вычисления с нулем отличаются.

Единица тоже может быть как исходным числом, так и оператором, то есть $1+3=3$ и $3+1=4$, $1\cap 3$ и $3\cap 4$ или $1\rightarrow 3$ и $3\rightarrow 4$. В первом случае единица – исходное число, во втором случае – оператор.

Значит, к 0 и 1 нельзя предъявлять требования, которые мы предъявляем к остальным числам, поэтому умножение и деление с ними отличается. Это числа только отчасти, «недочисла», «получисла». Я бы избегала практических вычислений с нулем, как с «нечислом» в привычном смысле этого слова.

Десятки, сотни и т.д. тоже не видоизменяют числа при умножении, делении. Мы сдвигаемся на десяток, два вперед, дописываем ноль, два ноля, а при делении на десяток назад, убираем ноль, один разряд. Но числа сами не видоизменяются.

1. Выгодский М. Я. Справочник по элементарной математике / М.Я. Выгодский. – М.: АСТ, 2009. – 511 с. – ISBN: 978-5-17-053832-4.
2. Кириллов А. А. Что такое число? / А.А.Кириллов. – М., 1993. – 80 с. – ISBN 5-02-014942-3.
3. Полякова И.С. Теория чисел. Ноль и единица. Числа как матоператоры // Тенденции развития науки и образования, №83, Самара, 2021. ч.2. – С.91-95.
4. Полякова И.С. Умножение на ноль с учетом множества совокупных чисел // Тенденции развития науки и образования, №83, Самара, 2022. ч.2. – С.95-98.

Попова О.Д.

Матрицы. Линейные операции над ними и их свойства

*Самарский государственный экономический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-822

Научный руководитель: Макаров С.И.

Аннотация

Матрицы – это основной инструмент в линейной алгебре, который находит широкое применение в различных областях, начиная от физики и инженерии до компьютерного моделирования и экономики. В данной статье мы рассмотрим основные операции над матрицами, такие как сложение, умножение и транспонирование, а также изучим их основные свойства.

Ключевые слова: матрица, операции над матрицами, обратная матрица.

Abstract

Matrices are the main tool in linear algebra, which is widely used in various fields, ranging from physics and engineering to computer modeling and economics. In this article, we will look at the basic operations on matrices, such as addition, multiplication and transposition, and also study their basic properties.

Keywords: matrix, operations on matrices, inverse matrix.

Матрицы являются одной из основных математических структур и широко применяются в различных областях, таких как линейная алгебра, физика, экономика и компьютерная графика. Определение матрицы состоит из двух ключевых элементов: размерности и элементов.

Размерностью матрицы является пара натуральных чисел m и n , которые соответствуют числу строк и столбцов соответственно. Обозначается она с помощью символа $A [m \times n]$, где A - имя матрицы, а m и n - ее размерности.

Элементами матрицы являются числа, расположенные в виде таблицы с m строками и n столбцами. Каждый элемент матрицы обозначается $a[i,j]$, где i - номер строки, j - номер столбца.

Матрица может быть представлена как двумерный массив или таблица чисел. Например, матрица $A [2 \times 3]$ имеет 2 строки и 3 столбца:

$$A = \begin{vmatrix} a[1,1] & a[1,2] & a[1,3] \\ a[2,1] & a[2,2] & a[2,3] \end{vmatrix}$$

Важным свойством матриц является то, что операции над ними можно проводить только в случае, когда размерности матриц совпадают. Также существуют определенные правила для выполнения линейных операций над матрицами.

Одной из основных операций является сложение матриц. Для сложения двух матриц их размерности должны быть одинаковыми. При сложении каждый элемент первой матрицы складывается с соответствующим элементом второй матрицы:

$$A + B = \begin{vmatrix} a[1,1] + b[1,1] & a[1,2] + b[1,2] & a[1,3] + b[1,3] \\ a[2,1] + b[2,1] & a[2,2] + b[2,2] & a[2,3] + b[2,3] \end{vmatrix}$$

Другой важной операцией является умножение матрицы на число. Умножение производится путем умножения каждого элемента матрицы на заданное число:

$$k * A = \begin{vmatrix} k * a[i,j] \end{vmatrix}$$

Матрицы обладают еще многими свойствами и операциями над ними. Они позволяют решать системы линейных уравнений и проводить преобразования координат в пространстве. В дальнейшем будут рассмотрены более подробно эти и другие операции с матрицами, а также их свойства.

Линейные операции над матрицами играют важную роль в линейной алгебре и находят применение в различных областях, таких как физика, экономика, компьютерная графика и многих других. Основными операциями над матрицами являются сложение и умножение. [1]
[2]

Сложение матриц выполняется последовательно: для матрицы A размерности $m \times n$ и матрицы B той же размерности сумма $C = A + B$ определяется формулой $C[i][j] = A[i][j] + B[i][j]$ для всех i от 1 до m и j от 1 до n . Таким образом, сложение двух матриц происходит путем сложения соответствующих элементов.

Умножение матриц – более сложная операция. Пусть имеется матрица A размерности $m \times n$ и матрица B размерности $n \times p$. Тогда произведением $C = AB$ этих двух матриц будет новая матрица размерности $m \times p$, элементы которой определяются следующим образом: $C[i][j] = \sum (A[i][k] * B[k][j])$ для всех i от 1 до m и j от 1 до p , где \sum обозначает суммирование по k от 1 до n . Другими словами, каждый элемент произведения матриц $C[i][j]$ равен сумме произведений соответствующих элементов строки i матрицы A и столбца j матрицы B .

Операция умножения матриц не коммутативна, то есть AB в общем случае не равно BA . Кроме того, умножение матриц ассоциативно: если имеются три матрицы A , B и C такие, что размерности позволяют выполнить операцию умножения $(AB)C = A(BC)$.

Также следует отметить некоторые свойства линейных операций над матрицами. Например, сложение и умножение матриц ассоциативны и дистрибутивны относительно умножения на число. Это означает, что для любых чисел a и b и для двух матриц A , B и C подходящих размерностей выполняются следующие равенства: $a(A + B) = aA + aB$ и $(a + b)A = aA + bA$.

В заключение можно сказать, что основные линейные операции над матрицами – сложение и умножение – являются важными инструментами в линейной алгебре. Они позволяют решать различные задачи и обладают рядом полезных свойств, которые широко применяются в практических приложениях. [2]

Линейные операции над матрицами обладают рядом важных свойств, которые делают их особенно удобными для работы с линейными системами. Одними из таких свойств являются коммутативность, ассоциативность и дистрибутивность.

Коммутативность операции сложения матриц означает, что порядок слагаемых не имеет значения. То есть, для любых матриц A и B размерности $m \times n$ выполняется равенство $A + B = B + A$. Это позволяет менять порядок слагаемых при выполнении вычислений и сделать их более удобными.

Ассоциативность операции умножения матриц означает, что результат произведения трех матриц не зависит от того, какие две из них будут перемножены первыми. Для трех матриц A (размерности $m \times n$), B (размерности $n \times p$) и C (размерности $p \times q$) выполняется равенство $(A * B) * C = A * (B * C)$. Это позволяет группировать умножение матриц в нужном порядке без изменения результата.

Дистрибутивность операций сложения и умножения означает, что произведение матрицы на сумму двух других матриц равно сумме произведений матрицы на каждую из этих матриц по отдельности. Для трех матриц A , B и C размерностей $m \times n$ выполняется равенство $A * (B + C) = (A * B) + (A * C)$. Это свойство позволяет упростить выражения, содержащие сложение и умножение матриц.

Знание этих свойств линейных операций над матрицами позволяет более гибко использовать их при решении задач линейной алгебры. Они облегчают выполнение вычислений и позволяют проводить преобразования выражений для достижения более удобного вида.

Ранг матрицы является одним из важных понятий в линейной алгебре и имеет прямую связь с линейными операциями над матрицами. Ранг матрицы определяется как максимальное число линейно независимых строк или столбцов этой матрицы.

Линейные операции, такие как сложение и умножение на число, сохраняют ранг матрицы. То есть, если к каждому элементу одной матрицы прибавить соответствующий элемент другой матрицы, то ранг полученной матрицы не изменится. Аналогично, если все элементы матрицы умножить на некоторое число, то ранг не изменится.

Еще одна важная связь между рангом и линейными операциями заключается в следующем: ранг суммы двух матриц не превосходит суммы их рангов. То есть, если у нас есть две матрицы A и B , то $\text{ранг}(A + B) \leq \text{ранг}(A) + \text{ранг}(B)$. Это свойство можно использовать для описания возможных значений ранга при выполнении различных комбинаций линейных операций.

Кроме того, существует еще одна интересная связь между рангом матрицы и линейными операциями. Если у нас есть две матрицы A и B , то ранг произведения AB не превосходит минимального из рангов A и B . Это свойство называется свойством субматрицы.

В заключение, можно сказать, что ранг матрицы является важным понятием в линейной алгебре и имеет прямую связь с линейными операциями над ними. Знание этих свойств помогает более глубоко понять структуру и характеристики матриц.

Линейные операции над матрицами — это мощный инструмент в решении систем линейных уравнений. Они позволяют нам эффективно выполнять операции добавления, вычитания и умножения на число над матрицами, что делает процесс решения системы линейных уравнений более простым и понятным. [3]

Одна из основных операций, которую мы можем применить к матрицам, — это операция элементарного преобразования. Эта операция состоит из трех типов: замена одной строки (столбца) на другую, умножение строки (столбца) на число и прибавление одной строки (столбца) к другой. Используя эти элементарные преобразования, мы можем изменять систему линейных уравнений таким образом, чтобы получить эквивалентную систему с более простыми коэффициентами.

Применение линейных операций над матрицами в решении систем линейных уравнений позволяет нам свести сложную систему к более простому виду. Мы можем использовать элементарные преобразования для перестановки строк или столбцов матрицы, чтобы получить диагональную или верхне-треугольную форму. Это упрощает нахождение решений системы линейных уравнений и позволяет нам сделать выводы о количестве и типе решений.

Кроме того, операции над матрицами также позволяют нам находить обратную матрицу. Обратная матрица для квадратной матрицы A — это такая матрица B , что $AB = BA = E$, где E — единичная матрица. Если обратная матрица существует, то система линейных уравнений имеет единственное решение. [2] [3]

Таким образом, применение линейных операций над матрицами в решении систем линейных уравнений является эффективным и мощным инструментом.

1. Никитенко, Е.В. Линейная алгебра и теория матриц. / Е.В. Никитенко // Учебное пособие для студентов Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2022 – С. 28-34
2. Мальцев, А. И. Основы линейной алгебры: учебник / А. И. Мальцев // 5-е изд. стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021 – С. 154-163
3. Ким Г.Д., Шикин Е.В. Элементарные преобразования в линейной алгебре / Г.Д. Ким, Е.В. Шикин // Метод. пособие. - М.: Изд-во МГУ, 1981 – С. 31-38

Рахимов А.Р.

Сущность линейной зависимости векторов

*Самарский государственный экономический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-823

Научный руководитель: Макаров С.И.

Аннотация

Линейная зависимость векторов – одно из фундаментальных понятий линейной алгебры, которое играет ключевую роль во многих областях науки и техники. Суть этого понятия заключается в определении возможности выразить один вектор через другие с помощью линейных комбинаций. В данной статье мы рассмотрим сущность линейной зависимости векторов более подробно. Мы изучим ее определение и свойства, а также рассмотрим примеры применения этого понятия в различных областях науки и техники.

Ключевые слова: линейная зависимость и независимость векторов, метод Гаусса-Жордана.

Abstract

Linear dependence of vectors is one of the fundamental concepts of linear algebra, which plays a key role in many fields of science and technology. The essence of this concept is to determine the possibility of expressing one vector through others using linear combinations. In this article we will consider the essence of linear dependence of vectors in more detail. We will study its definition and properties, as well as consider examples of the application of this concept in various fields of science and technology.

Keywords: linear dependence and independence of vectors, Gauss-Jordan method.

Линейная зависимость векторов является одним из основных понятий линейной алгебры. Она описывает отношения между векторами и позволяет определить, можно ли выразить один вектор через линейную комбинацию других векторов.

Сущность линейной зависимости заключается в следующем: набор векторов считается линейно зависимым, если существуют такие коэффициенты, при которых их линейная комбинация равна нулевому вектору. Другими словами, если уравнение $a_1 \cdot v_1 + a_2 \cdot v_2 + \dots + a_n \cdot v_n = 0$ имеет нетривиальное решение (когда не все коэффициенты равны нулю), то это означает, что данные векторы линейно зависимы.

Примером линейно зависимых векторов может служить следующая система: $v_1 = (1, 2)$, $v_2 = (2, 4)$. Если мы умножим первый вектор на два и вычтем его из второго, получится нулевой

вектор: $2*(1, 2) - (2, 4) = (0, 0)$. Таким образом, эта система является примером линейно зависимых векторов.

С другой стороны, если для данного набора векторов не существует нетривиального решения уравнения $a_1*v_1 + a_2*v_2 + \dots + a_n*v_n = 0$, то эти векторы считаются линейно независимыми. Например, система $v_1 = (1, 0)$, $v_2 = (0, 1)$ является примером линейно независимых векторов.

Линейная зависимость и независимость векторов имеют свои практические применения. Например, при решении систем линейных уравнений методом Гаусса-Жордана используется проверка на линейную зависимость векторов для определения количества свободных переменных. Также концепция линейной зависимости широко применяется в физике, экономике и других областях науки.

Определение понятия линейной зависимости векторов

Линейная зависимость векторов – это ситуация, когда один или несколько векторов могут быть выражены через комбинацию других векторов с помощью линейных операций (сложения и умножения на скаляр).

Для понимания этого понятия рассмотрим систему векторов v_1, v_2, \dots, v_n . Они называются линейно зависимыми, если существуют такие коэффициенты a_1, a_2, \dots, a_n не все равные нулю, что выполняется следующее равенство:

$$a_1v_1 + a_2v_2 + \dots + a_nv_n = 0,$$

где 0 - нулевой вектор.

Это означает, что можно найти нетривиальную (не все равные нулю) комбинацию этих векторов, которая приравнивается к нулевому вектору. Нетривиальность здесь означает то, что хотя бы один из коэффициентов a_i должен быть отличным от нуля. [1] [2]

Если же для системы векторов не существует нетривиальной комбинации, дающей равенство с нулевым вектором, то такая система называется линейно независимой.

Знание линейной зависимости векторов также позволяет решать системы линейных уравнений и находить ранг матрицы. Это является основой для многих приложений в физике, экономике, компьютерной графике и других областях.

Критерии линейной зависимости векторов

Критерии линейной зависимости векторов являются основным инструментом для определения, обладают ли заданные векторы свойством линейной зависимости. Линейная зависимость указывает на то, что один или несколько векторов могут быть выражены как линейная комбинация других векторов.

Первый критерий линейной зависимости - сумма нулевых коэффициентов равна нулю. Если имеется система векторов $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, и существует такой набор чисел $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, где $a_i \neq 0$ хотя бы для одного i такого, что $a_1v_1 + a_2v_2 + \dots + a_nv_n = 0$, тогда эта система векторов является линейно-зависимой.

Второй критерий - определитель матрицы из координатных столбцов равен нулю. Если даны векторы $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ и можно построить матрицу A из координатных столбцов этих векторов (где каждая строка представляет координаты соответствующего вектора), и определитель матрицы A равен нулю, то это говорит о том, что система векторов линейно-зависима.

Третий критерий - наличие хотя бы одного вектора, который является линейной комбинацией других векторов. Если существует вектор v , который может быть выражен как линейная комбинация других векторов из данной системы, то эта система является линейно-зависимой.

Четвертый критерий - один из векторов можно представить как линейную комбинацию остальных векторов. Если существует такой набор чисел $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, где $a_i \neq 0$ хотя бы для одного i такого, что $v_1 = a_2v_2 + \dots + a_nv_n$, тогда это указывает на линейную зависимость системы векторов. [1]

Понимание и применение данных критериев позволяют анализировать систему векторов и определять ее свойства относительно линейной зависимости. Это полезный инструмент не

только для математических и физических расчетов, но и для решения задач из различных областей науки и техники.

Примеры линейной зависимости векторов

Примеры линейной зависимости векторов помогают наглядно представить, как векторы могут быть связаны друг с другом. Линейная зависимость означает, что один или несколько векторов можно выразить через комбинацию других векторов с использованием коэффициентов.

Рассмотрим первый пример. Пусть у нас есть два вектора: $a = (1, 2)$ и $b = (2, 4)$. Если мы умножим второй вектор на 2 и сложим его с первым, то получим $a + 2b = (1, 2) + 2(2, 4) = (1 + 4, 2 + 8) = (5, 10)$. Таким образом, мы можем выразить третий вектор через первые два с помощью коэффициентов.

Второй пример рассмотрит линейную зависимость трех векторов. Пусть у нас есть три вектора: $x = (1, -1)$, $y = (-2, 2)$ и $z = (-3, 3)$. Если мы возьмем первый вектор и вычтем из него дважды третий вектор и добавим к результату третий вектор умноженный на $-1/3$, то получим $x - 2z + (-1/3)y = (1, -1) - 2(-3, 3) + (-1/3)(-2, 2) = (1 + 6 + 2/3, -1 - 6 - 2/3) = (19/3, -19/3)$. Таким образом, третий вектор также может быть выражен через первые два с помощью коэффициентов.

Третий пример рассмотрит линейную зависимость четырех векторов. Пусть у нас есть четыре вектора: $u = (1, 0)$, $v = (0, 1)$, $w = (-1, -1)$ и $z = (-1, 0)$. Если мы возьмем первый вектор и сложим его с третьим вектором и вычтем из результата четвертый вектор умноженный на 2, то получим $u + w - 2z = (1, -1) + (-1, -1) - 2(-1, 0) = (0, -4)$. Таким образом, четвертый вектор также может быть выражен через первые три с помощью коэффициентов.

Эти примеры показывают различные способы выразить один или несколько векторов через комбинацию других. Линейная зависимость является основополагающим понятием в линейной алгебре и имеет широкий спектр применений в различных областях науки и техники.

Практическое применение линейной зависимости векторов

Линейная зависимость векторов является одним из фундаментальных понятий в линейной алгебре. Она описывает, какие комбинации векторов могут быть представлены с помощью линейной комбинации других векторов. В этом подразделе мы рассмотрим практическое применение линейной зависимости векторов.

Одним из основных примеров использования линейной зависимости векторов является система уравнений. Когда мы имеем набор уравнений, каждое из которых содержит неизвестные переменные, мы можем использовать метод Гаусса или метод Гаусса-Жордана для решения этой системы. Эти методы основаны на идее линейной зависимости векторов: если строки матрицы системы уравнений являются линейно зависимыми, то это означает, что система имеет бесконечное количество решений или нет решений.

Другой пример применения линейной зависимости векторов связан с базисами и размерностью пространства. Базис – это набор линейно независимых векторов, которые порождают все возможные комбинации других векторов в данном пространстве. Линейная зависимость векторов позволяет определить размерность пространства как количество линейно независимых векторов в базисе. [3]

Также, линейная зависимость векторов часто используется в анализе данных и машинном обучении. Например, при построении модели машинного обучения мы можем использовать метод главных компонент для снижения размерности данных. Этот метод основан на идее выделения самых информативных признаков из набора данных с помощью линейной комбинации исходных признаков.

Таким образом, линейная зависимость векторов имеет широкий спектр применений в различных областях науки и техники.

2. Линейная алгебра: Учебник для университетов / Под ред. М.С. Борисова, А.А. Фоменко, И.С. Михайлева - М.: Наука, 2012 – С. 127-139
3. Гредасова Н.В., Корешникова М.А., Желонкина Н.И. Линейная алгебра: учеб. пособие / Н.В. Гредасова, М.А. Корешникова, Н.И. Желонкина // Мин-во науки и высшего образования РФ – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019 – С. 547-558

Садовников Н.В., Гаврина З.А.

Уравнения и неравенства бесконечнозначной логики БЛ с отклоняющимися аргументами

*Военная академия материально-технического обеспечения
им. генерала армии А.В. Хрулева
(Россия, Пенза)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-824

Аннотация

Вводится определение уравнения (неравенства) бесконечнозначной логики БЛ с отклоняющимися аргументами, его частного и общего решения.

Показано, как можно операцию сдвига на p_n над некоторыми функциями БЛ перенести на сами неизвестные.

Вводится понятие систем уравнений и неравенств БЛ с отклоняющимися аргументами, возникающие при изучении реальных систем, обладающих внутренней инерционностью (задержками). Рассматриваются возможные классификации уравнений и неравенств БЛ с отклоняющимися аргументами, а так же их систем.

Проблема полноты в бесконечнозначной логике БЛ аналогична проблеме полноты для двузначной и k -значной логик. Даются без доказательств ряд теорем о функциональной полноте БЛ. Обосновывается возможность применения аппарата бесконечнозначной логики для изучения реальных систем.

Ключевые слова: Уравнение бесконечнозначной логики, БЛ отклоняющиеся аргументы, вектор параметров, вектор отклонений, вектор неизвестных, неравенство БЛ с отклоняющимися аргументами, система уравнений и неравенств БЛ с отклоняющимися аргументами, классификация уравнений и неравенств БЛ с отклоняющимися аргументами; проблеме полноте в БЛ, полная система функций, базис, функция включения БЛ.

Abstract

A definition of the equation (inequality) of the infinite-valued BL logic with deviating arguments, its particular and general solutions is introduced.

It is shown how the shift operation on p_n over some BL functions can be transferred to the unknowns themselves.

The concept of systems of equations and BL inequalities with deviating arguments, which arise in the study of real systems with internal inertia (delays), is introduced. Possible classifications of BL equations and inequalities with deviating arguments, as well as their systems are considered.

The completeness problem in infinite-valued BL logic is similar to the completeness problem for two-valued and k -valued logics. A number of theorems on the functional completeness of BL are given without proof. The possibility of using the apparatus of infinite-valued logic to study real systems is substantiated.

Keywords: equation of infinite-valued logic, IL deviating arguments, vector of parameters, vector of deviations, vector of unknowns, inequality of IL with deviating arguments, system of equations and inequalities of IL with deviating arguments, classification of equations and inequalities of IL with deviating arguments; completeness problem in IL, complete system of functions, basis, inclusion function of IL.

Введем определение: Уравнением БЛ с отклоняющимися аргументами называется уравнение вида

$$F(a, x_1, x_1 + p_{11}, \dots, x_1 + p_{1m_1}, \dots, x_n, x_n + p_{n1}, \dots, x_n + p_{nm_n}) \\ = L(a, x_1, x_1 + p_{11}, \dots, x_1 + p_{1m_1}, \dots, x_n, x_n + p_{n1}, \dots, x_n + p_{nm_n})$$

(1)

где F и L – заданные функции БЛ (вообще говоря, различные); $a = (a_1, \dots, a_k)$ – вектор параметров; $p = (p_{11}, p_{1m_1}, \dots, p_{n1}, p_{nm_n})$ – вектор отклонений; $x = (x_1, \dots, x_n)$ – вектор неизвестных.

При этом $a_i (i = 1, \dots, k)$, x_j и $x_j + p_j (j = 1, \dots, n; r = 1, \dots, m)$ в заданном и ограниченном интервале $S = [A, B]$ множества всех вещественных чисел.

По аналогии с понятием обыкновенного уравнения (неравенства) БЛ в случае отсутствия в выражениях F и L операции отрицания БЛ можно принять $A = -\infty, B = +\infty$

Частным (общим) решением уравнения (1) называется любой вектор (совокупность всех векторов) x , для которого равенство (1) справедливо.

Встречаются такие уравнения, в которых операция сдвига на p выполняется не над самими неизвестными, как в (1), а над некоторыми функциями БЛ от них. Однако такие уравнения можно легко свести к типу (1). Для этого используются следующие соотношения, и имеющие в данном случае вид:

$$xy + p = (x + p)(y + p), \\ (x \vee p) + p = (x + p) \vee (y + p)(2) \\ \overline{x + p} = \bar{x} - p$$

Они позволяют последовательно переносить операцию сдвига с функции на аргументы. Например,

$$(xy \vee zu) + p = (xy + p) \vee (zu + p) = (x + p)(y + p) \vee (z + p)(u + p)$$

Определение.

Неравенством БЛ с отклоняющимися аргументами называется неравенство, получаемое из (1) заменой знаков $=$ на $>$ или $<$.

Определение.

Системой уравнений и неравенств БЛ с отклоняющимися аргументами называется совокупность рассматриваемых совместно конечного множества уравнений и конечного множества неравенств этого класса (одно из множеств может быть пустым).

Выделенный класс уравнений и неравенств БЛ появляющихся при изучении реальных систем, обладающих внутренней инерционностью (задержками)

Классификация уравнений и неравенств БЛ с отклоняющимися аргументами подобна соответствующей для обыкновенных уравнений БЛ. Прежде всего, выделяем уравнение с одним неизвестным ($n = 1$) и с несколькими неизвестными ($n \geq 2$). Далее, т.к. F и L – функции БЛ, по известной теореме уравнение (1) можно представить в канонической форме с правой и левой частями в ДНФ, что позволяет разделять уравнения с отрицаниями и без отрицаний неизвестных.

Неравенства БЛ с отклоняющимися аргументами классифицируются так же, как и обычные уравнения.

Системы уравнений и неравенств БЛ с отклоняющимися аргументами классифицируются подобно системам обыкновенных уравнений и неравенств БЛ.

При изучении реальных систем, как правило, приходится иметь дело только с уравнениями, которые не содержат операции отрицания БЛ. Для решения этих уравнений используется метод последовательного расчленения.

Во второй части нашей статьи остановимся на проблеме полноты в бесконечнозначной логике БЛ. Она аналогична проблеме полноты для двузначной и k -значной логик.

Напомним, что система функций БЛ $\{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ называется полной в классе R (базисе), если любую функцию из R можно представить суперпозицией функций f_1, f_2, \dots, f_m .

Базис называется минимальным, если удаление хотя бы одной из его функций f_i , превращает систему функций $\{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ в неполную.

В отличие от конечнозначных логик, где в качестве R рассматривают класс всех логических функций от паргументов, а объектом поиска являются различные возможные

базисы, в БЛ обычно задается та или иная система функций $\{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ и ищется класс R всех функций непрерывных переменных, для которых эта система есть базис.

Примем без доказательств ряд теорем о функциональной полноте в БЛ.

Теорема.

Система функций $\{\wedge, \vee\}$ является базисом для класса R всех тех и только тех функций БЛ, которые сохраняют значение одного из своих аргументов.

Теорема.

Система функций $\{\wedge, \vee, \neg\}$ является базисом для класса R'_c всех тех и только тех функций БЛ, которые сохраняют значение одного из своих аргументов или его отрицания.

Введем вспомогательное понятие – функцию включения БЛ по формуле

$$x \supset y = (\bar{x} + y) \wedge 2M = \begin{cases} 2M, x \leq y, \\ \bar{x} + y, x > y \end{cases}$$

(3)

где $M = \frac{A+B}{2}$ – середина $C=[A, B]$.

Теорема. Система функций $\{\wedge, \vee, \supset\}$ является базисом для класса R_l всех функций от переменных вида

$$y = [A \vee (b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i)] \wedge 2M$$

(4)

Где A – левый конец множества C , а M середина множества C , а коэффициенты b_i ($i = 0, 1, \dots, n$) – произвольные целые числа.

Теорема.

Система функций $\{\wedge, \vee, \supset\}$ является базисом для класса R'_n всех тех и только тех функций F от n переменных x_i , которые удовлетворяют двум условиям: 1) функции F однозначны, непрерывны, $A \leq F \leq B$ при $A \leq x_i \leq B$ ($i=1, \dots, n$); 2) существует конечное множество линейных форм $L_j = b_{0j} + \sum_{i=1}^n b_{ij}x_i$ ($j = 1, \dots, k$) с целочисленными коэффициентами b_{ij} ($i=1, \dots, n$) такое, что для любого набора (x_1, x_2, \dots, x_n) , где $A \leq x_i \leq B$, $i=1, \dots, n$, значение F совпадает со значением одной из форм.

Фигурирующие в теоремах классы функций непрерывных переменных с математической точки зрения весьма узки. Однако, базисные операции БЛ адекватно отражают элементарные операции, происходящие во многих реальных системах. Благодаря этому аппарат бесконечнозначной логики БЛ может быть успешно применен для изучения таких систем.

1. Садовников Н.В., Зубков А.Ф. Экономико-математическое моделирование. Логические методы исследования экономических систем в условиях неопределенности Учебное пособие с грифом УМО. Пенза, -2003. -148с.
2. Садовников Н.В. Теоретическо-методические основы методической подготовки учителя математики в педвузе в условиях фундаментализации образования: дисс. д-ра пед. наук. Саранск, 2007. -360с.
3. Садовников Н.В. Логико-математические методы в экономике: Монография. –Пенза: Пензенский технологический институт. 2003. -147с.

Салдаева Д.С.

Использование математических способов и методов при решении задач в области экономики

*Самарский государственный экономический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-825

Научный руководитель: Макаров С.И.

Аннотация

В современном мире экономика является одной из самых важных и сложных наук, она занимает центральное место в жизни общества. Принятие грамотных экономических решений

требует не только определенного уровня экспертизы и профессионализма, но и использования математических способов и методов. Использование математики в экономике позволяет более точно анализировать структуру и динамику различных экономических процессов, прогнозировать изменения на рынке, оптимизировать финансовые операции и многое другое.

Ключевые слова: математика, экономика, наука, математические методы, эконометрика.

Abstract

In the modern world, economics is one of the most important and complex sciences; it occupies a central place in the life of society. Making smart economic decisions requires not only a certain level of expertise and professionalism, but also the use of mathematical methods and methods. The use of mathematics in economics allows you to more accurately analyze the structure and dynamics of various economic processes, predict changes in the market, optimize financial transactions, and much more.

Keywords: mathematics, economics, science, mathematical methods, econometrics.

Введение в применение математических способов и методов в экономике

Для решения сложных задач, с которыми сталкивается современная экономика, требуется точный анализ и решение. Поэтому все больше и больше используются математические методы и способы для изучения разных аспектов экономической деятельности. Создание моделей, предсказание поведения рынка, оптимизация процессов и принятие обоснованных решений - все это возможно благодаря математике.

Одним из наиболее распространенных методов является математическое программирование. Оно позволяет оптимизировать различные параметры экономических моделей с учетом ограничений. Программирование линейное, некоторые ограничения моделируются одномерными или многомерными линейными функциями. Это помогает выявить оптимальные стратегии в условиях ограниченных ресурсов.

Для моделирования ситуаций, в которых разные стороны преследуют свои интересы и стремятся достичь оптимальных результатов, в экономике используется теория игр. Теория игр изучает стратегии принятия решений при конфликтной или кооперативной взаимодействии между участниками.

Статистический анализ является неотъемлемой частью экономического исследования. Он позволяет выявить закономерности, оценить вероятность различных событий и осуществить прогнозирование. Статистический анализ используется для изучения спроса на товары и услуги, анализа финансовых рынков, определения эффективности бизнес-процессов.

Другим неразрывно связанным с математикой инструментом является эконометрика. Эконометрика сочетает в себе методы статистики и экономики для анализа экономических данных. С помощью эконометрического анализа можно оценивать эмпирические модели, проверять гипотезы и делать выводы на основе данных.

Для построения финансовых моделей активно применяется математика, включающая такие методы, как стохастическое моделирование и дифференциальные уравнения. Финансовые модели, в свою очередь, используются для прогнозирования доходности активов, оценки рисков и определения стоимости инвестиций.

Таким образом, использование математических способов и методов при решении задач в области экономики является необходимостью. Отличительной чертой современной экономики является сложность и неопределенность, которые требуют точного анализа и предсказания. Математика помогает создавать модели, оптимизировать процессы и принимать обоснованные решения

Основные математические модели в экономике

Экономика сегодня непременно применяет математические методы и способы, которые стали неотъемлемой частью современной науки. Используемые математические модели

предоставляют широкий спектр инструментов для решения задач и прогнозирования поведения экономических систем.

Одной из основных моделей, используемых в экономике, является модель равновесия. Она позволяет описывать взаимодействие спроса и предложения на товары и услуги [1]. Модель равновесия помогает определить оптимальную цену и объем производства товаров, а также прогнозировать изменения на рынке.

Еще одной распространенной моделью в экономике является модель максимизации прибыли. Она используется для анализа деятельности фирм и предприятий [2]. Модель максимизации прибыли позволяет определить оптимальный набор факторов производства для достижения максимально возможной прибыли.

Математический анализ в экономике находит важное применение в теории игр, которая изучает принятие решений в конкурентной среде [3]. Благодаря теории игр можно моделировать стратегии участников рынка и определить оптимальные действия.

Также стоит отметить модель экономического роста, которая используется для анализа развития экономики на долгосрочной перспективе [4]. Модель экономического роста позволяет оценить факторы, влияющие на увеличение производства и доходности страны, и предположить возможные траектории ее развития.

Для того, чтобы эффективно использовать математические методы и способы в решении экономических задач, требуется обладать надлежащей математической подготовкой. Для работы с такими моделями необходимо обладать знаниями в области линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, а также теории вероятностей и математической статистики. Однако, важно также уметь применять эти знания на практике при решении конкретных экономических проблем.

Таким образом, использование математических способов и методов при решении задач в области экономики является неотъемлемой частью современной науки. Благодаря математическим моделям экономисты могут анализировать и прогнозировать поведение экономических систем, принимать обоснованные решения и оптимизировать процессы. Однако для успешного использования этих моделей необходимо иметь хорошую математическую подготовку и умение применять ее к конкретным задачам.

Примеры успешного использования математических методов в экономике

Решение различных задач и проблем в современной экономике невозможно без использования математических методов и способов. Анализ данных, моделирование процессов, оптимизация решений и прогнозирование результатов - все это обеспечивается математикой. В экономике уже получены значительные успехи в использовании математических методов, и ниже приведены некоторые примеры.

Оптимизация производственных процессов - один из самых известных примеров использования линейного программирования. С помощью линейного программирования можно найти такие значения переменных, при которых достигается максимальная или минимальная целевая функция, учитывая определенные ограничения. Это позволяет компаниям эффективно распределять ресурсы, сокращать затраты и увеличивать прибыль.

На рынке существует множество успешных примеров использования временных рядов для анализа финансовых данных. Временные ряды представляют собой последовательность упорядоченных по времени значений. Анализ тенденций и цикличности данных, а также прогнозирование будущих значений осуществляется при помощи статистических методов, таких как скользящее среднее или авторегрессия. Это дает возможность инвесторам и трейдерам принимать обоснованные решения.

При разработке финансовых моделей широко применяются математические методы. Например, модель оценки стоимости акций CAPM (Capital Asset Pricing Model) основана на математической формуле, которая используется для определения ожидаемой доходности активов [3]. Благодаря этой модели инвесторы могут оценить риски и доходность своих инвестиций, что помогает принимать обоснованные решения при формировании инвестиционного портфеля.

Еще одним успешным примером является использование игровой теории для анализа поведения участников рынка. Игровая теория изучает стратегии и результаты взаимодействия между различными "игроками" [4]. В экономике игровая теория помогает анализировать ситуации конкуренции, коллективной действительности или монополии, что способствует более эффективной разработке стратегий на рынке.

В современной экономике математические методы и способы играют ключевую роль в решении разнообразных задач и проблем. Анализ данных, принятие решений и оптимизация процессов - лишь немногие области, где математика оказывает помощь. Важность этих методов для науки в экономике только увеличивается и способствует развитию научных знаний в данной области. Конкретные примеры, приведенные выше, являются лишь небольшой частью того, как математика применяется в экономике.

1. Кочеткова, Н.И., Загородняя, О.В. Линейное программирование: учебник для вузов / М.: ИНФРА-М, 2013. 2. Дмитриева, Е. Анализ временных рядов: учебное пособие / М.: Юрайт, 2019. 3. Розенталь Дж., Рубинштейн С. Финансы: учебник для ВУЗов / М.: Финансы и статистика, 2014. 4. Петрушечкин И., Нестеренко С., Гаврилков А., Красильщик А
2. Самуэльсон П. А., Нордхаус В. Д. Экономикс: В двух томах / Перевод с англ.: М. Рысина; Под редакцией профессора Кострова А.Н., доктора физико-математических наук, профессора ШИШельников В.М.. – 4-е издание – М.: Издательский дом «Вильямс», 2010.
3. Орлова, Л.В. Применение математических методов для решения задач оптимизации в управлении / Л.В. Орлова, Г.А. Сахабиева, В.А. Васяйчева // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2008. – №6. – С. 123–136.

Синекопова И.В.

Теория евклидовых n-мерных пространств

*Самарский государственный экономический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-826

Научный руководитель: Макаров С.И.

Аннотация

Исследование евклидовых n-мерных пространств не только позволяет нам более глубоко понять геометрию объектов в различных размерностях, но также находит широкое применение в физике, компьютерной графике, машинном обучении и других областях науки и техники. Понимание принципов этой теории помогает нам решать сложные задачи, связанные с анализом данных, оптимизацией и моделированием. В этой статье мы рассмотрим основные понятия и результаты теории евклидовых n-мерных пространств и рассмотрим их приложения в различных областях.

Ключевые слова: евклидовы n-мерные пространства, размерность, евклидова метрика.

Abstract

The study of Euclidean n-dimensional spaces not only allows us to better understand the geometry of objects in various dimensions, but also finds wide application in physics, computer graphics, machine learning and other fields of science and technology. Understanding the principles of this theory helps us solve complex problems related to data analysis, optimization and modeling. In this article we will consider the basic concepts and results of the theory of Euclidean n-dimensional spaces and consider their applications in various fields.

Keywords: euclidean n-dimensional spaces, dimension, Euclidean metric.

Евклидовы n -мерные пространства являются одним из фундаментальных понятий в математике и науке о данных. Они представляют собой абстрактные объекты, которые обладают определенными свойствами и правилами.

Основной идеей евклидовых n -мерных пространств является расширение классического двумерного (плоского) евклидова пространства до произвольного числа измерений. При этом каждая точка в таком пространстве задается набором координат, а расстояние между точками определяется с помощью понятия евклидовой метрики.

Евклидова метрика — это функция, которая определяет расстояние между двумя точками в евклидовом n -мерном пространстве. Она вычисляется по формуле:

$$d(x, y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2}$$

где $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ - координаты точек x и y соответственно.

Одной из важных характеристик евклидовых n -мерных пространств является размерность. Размерность пространства определяет количество координат, необходимых для описания его точек. Например, двумерное пространство имеет две координаты (x и y), трехмерное - три координаты (x , y и z), и так далее. [1] [2]

Еще одним важным понятием в евклидовых n -мерных пространствах является скалярное произведение. Скалярное произведение — это операция, которая позволяет вычислить угол между двумя векторами или определить ортогональность векторов. Оно вычисляется по формуле:

$$a \cdot b = a_1 \cdot b_1 + a_2 \cdot b_2 + \dots + a_n \cdot b_n$$

где $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ и $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ - координаты векторов a и b соответственно.

Таким образом, евклидовы n -мерные пространства представляют собой абстрактные объекты с определенными свойствами и правилами. Изучение этих пространств позволяет решать различные математические задачи и находить применение в различных областях науки и техники.

Евклидовы n -мерные пространства являются важной темой в математике и имеют широкое применение в различных областях, таких как физика, компьютерная графика и машинное обучение. В этом подразделе мы рассмотрим определение и основные свойства евклидовых n -мерных пространств.

Евклидово n -мерное пространство определяется как совокупность точек, для которых можно определить понятия расстояния и угла между ними. Каждая точка в этом пространстве представляется набором из n чисел, которые называются координатами. Расстояние между двумя точками A и B в евклидовом n -мерном пространстве вычисляется по формуле дистанции:

$$d(A, B) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + \dots + (z_n - z_{n-1})^2}$$

где $(x_1, y_1, \dots, z_{n-1})$ и (x_2, y_2, \dots, z_n) - координаты точек A и B соответственно.

Основные свойства евклидовых n -мерных пространств, следующие:

1. Симметричность: расстояние между двумя точками A и B равно расстоянию между точками B и A .

2. Неравенство треугольника: для любых трех точек A , B и C выполняется неравенство $d(A, B) + d(B, C) \geq d(A, C)$. Иными словами, кратчайший путь между двумя точками проходит через третью точку или рассматривается прямым линейным отрезком.

3. Положительная определенность: расстояние между двумя различными точками всегда положительно ($d(A, B) > 0$), а расстояние от точки до самой себя равно нулю ($d(A, A) = 0$).

4. Углы: в евклидовых n -мерных пространствах можно определить углы между векторами. Один из способов определения угла — это использование скалярного произведения векторов.

Эти свойства являются основополагающими для евклидовых n -мерных пространств и играют важную роль при решении задач, связанных с изучением геометрии и анализа данных в таких пространствах.

В математике и физике теория евклидовых n -мерных пространств имеет широкое применение. Она позволяет изучать различные объекты и явления, моделировать реальные системы и решать сложные задачи. [2]

Одним из основных применений евклидовых n -мерных пространств в математике является геометрия. Здесь они используются для изучения формы и структуры объектов. Например, понятия расстояния, угла и объема могут быть определены с помощью евклидовой метрики в n -мерном пространстве. Это позволяет анализировать геометрические свойства фигур и выражать их через алгебраические формулы.

Также техника векторного анализа базируется на евклидовых n -мерных пространствах. Векторы представляют собой точку в пространстве, имеющую определенную длину и направление. С помощью них можно описывать движение объектов, силы, поля и другие физические величины. Векторный анализ используется во многих областях физики, таких как механика, электродинамика и гравитационная физика.

Евклидовы n -мерные пространства находят применение и в теории вероятностей и статистике. Здесь они используются для моделирования случайных процессов и анализа данных. Например, многомерные нормальные распределения задаются с помощью евклидовой метрики в n -мерном пространстве. Это позволяет решать задачи статистического анализа, такие как оценка параметров распределений, проверка гипотез и построение доверительных интервалов.

Кроме того, евклидовы n -мерные пространства играют важную роль в информационной теории и криптографии. Они используются для представления информации и разработки алгоритмов шифрования. Например, коды Хэмминга строятся на основе евклидовых n -мерных пространств для обнаружения ошибок при передаче данных. [3]

Геометрическая интерпретация евклидовых n -мерных пространств является одной из основополагающих концепций в теории аналитической геометрии. Основным элементом данной интерпретации являются векторы, которые представляют собой направленные отрезки, имеющие длину и направление.

В евклидовых n -мерных пространствах каждый вектор может быть представлен как упорядоченный набор чисел, называемых компонентами вектора. Количество компонент определяется размерностью пространства. Например, для трехмерного пространства каждый вектор будет иметь три компоненты (x, y, z) .

Главной особенностью геометрической интерпретации евклидовых n -мерных пространств является возможность графического представления данных векторов на координатной плоскости или в трехмерном пространстве. Для этого используются системы координат, состоящие из осей и ортогональных отметок.

На координатной плоскости каждая ось соответствует одному измерению пространства (например, x - первое измерение, y - второе измерение). Векторы задаются как точки на плоскости, где их координаты соответствуют значениям компонент вектора.

В трехмерном пространстве система координат состоит из трех осей (x, y, z) , которые пересекаются в начале координат. Векторы представляются как точки в пространстве с тремя координатами (x, y, z) .

Графическое представление векторов позволяет наглядно интерпретировать их свойства, такие как длина и направление. Например, длина вектора на графике соответствует его модулю или абсолютной значению компонент. Направление определяется углом между вектором и положительным направлением оси. [1] [3]

В заключении можно отметить, что теория евклидовых n -мерных пространств является важной и актуальной областью математики. Она имеет широкий спектр приложений в различных науках и инженерии.

Однако, несмотря на то что теория евклидовых пространств уже достаточно хорошо разработана, остается много интересующих вопросов и перспектив для дальнейшего развития этой области.

Во-первых, одной из главных задач является изучение свойств и связей между различными размерностями евклидовых пространств. Это позволит лучше понять структуру этих пространств и расширить возможности использования в приложениях.

Во-вторых, дальнейшее развитие теории евклидовых n -мерных пространств может быть связано с рассмотрением более сложных геометрических объектов, таких как кривые или поверхности. Изучение этих объектов в рамках евклидового пространства может иметь большое значение для приложений в компьютерной графике, а также в медицине и биологии.

В целом, теория евклидовых n -мерных пространств представляет собой интересную и перспективную область математики. Ее развитие может привести к расширению знаний о геометрии и приложениям этой теории в различных областях науки и инженерии

1. Ильин В. А., Садовничий В. А., Сендов Б. Х. Математический анализ / В.А. Ильин, В.А. Садовничий, Б.Х. Сендов // М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985 – С. 78-89
 2. Рейнов Ю.И. Линейная алгебра / Ю.И. Рейнов // СПб.: Изд-во ГУ-ВШЭ, 2006 г – С. 125-131
 3. Кострикин А. И., Манин Ю. И. Линейная алгебра и геометрия / А.И. Кострикин, Ю.И. Манин // М.: Наука, 1986. — С. 276-288
-

РАЗДЕЛ XXVI. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Мамонтова Т.Ю., Аников Д.А.

Использование устройств интернета вещей для управления уличным освещением

*Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-827

Аннотация

Актуальность темы управления уличным освещением с использованием современных технологий Интернета вещей обусловлена динамичным развитием городской инфраструктуры и стремлением общества к созданию умных, энергоэффективных и устойчивых городов. Основная задача статьи - рассмотрение областей применения IoT для управления уличным освещением. Авторами сравниваются разрабатываемые технологии в сфере наружного освещения, а также проводится анализ ключевых возможностей, перспектив и актуальных проблем IoT в отрасли уличного освещения. В результате авторы предлагают практические рекомендации по обеспечению кибербезопасности и экономически выгодному внедрению данных информационных решений.

Ключевые слова: Интернет вещей, система, уличное освещение, энергоэффективность, безопасность.

Abstract

The relevance of the topic of street lighting control using modern Internet of Things technologies is due to the dynamic development of urban infrastructure and the desire of society to create smart, energy-efficient and sustainable cities. The main objective of the article is to consider the applications of IoT for street lighting control. The authors compare the technologies being developed in the field of outdoor lighting, as well as analyze the key opportunities, prospects and current problems of IoT in the street lighting industry. As a result, the authors offer practical recommendations on ensuring cybersecurity and cost-effective implementation of these information solutions.

Keywords: Internet of Things, system, street lighting, energy efficiency, security.

Введение

В современном мире Интернет вещей становится все более важным компонентом нашей повседневной жизни. Эта концепция предполагает подключение физических объектов к Интернету или локальным сетям и обмен информацией между ними без необходимости человеческого вмешательства. Одним из направлений применения устройств Интернета вещей является их использование для модернизации работы городского освещения. Согласно оценкам специалистов, до 40% расходов бюджета муниципалитета приходится на обеспечение уличного освещения [1]. С развитием информационных технологий ключевая проблема энергосбережения все чаще начинает находить решение в применении в городах умного уличного освещения, опирающегося на технологии Интернета вещей и представляющего собой перспективное направление в сфере городской инфраструктуры.

При этом, следует учесть, что инфраструктура города, в частности ИТ-инфраструктура, может быть не готова к внедрению технологии Интернета вещей. В этом случае выполнение проектов по внедрению такой технологии в управлении городом, в частности, в управлении освещением, может привести к резкому возрастанию затрат и увеличению сроков окупаемости за счет необходимости дополнительных расходов для совершенствования ИТ-инфраструктуры. При этом, в некоторых случаях проекты могут стать некупаемыми, и поэтому ставится под вопрос проведение таких проектов. Соответственно, прежде чем внедрять технологию Интернета вещей при недостаточном уровне готовности ИТ-инфраструктуры города,

необходимо оценить уровень готовности городского хозяйства к информатизации [2]. Таким образом, актуальным является рассмотрение вопросов внедрения устройств Интернета вещей в городах с различным уровнем готовности ИТ-инфраструктуры. Поэтому в данной работе решается задача анализа передового опыта внедрения устройств Интернета вещей для управления освещением, а также анализа особенностей внедрения таких систем в городах Российской Федерации. Целью статьи является анализ передового опыта внедрения устройств Интернета вещей для управления освещением в городском хозяйстве в Российской Федерации. Объектом исследования является управление освещением в городе. Предметом исследований является использование устройств Интернета вещей для управления освещением.

Анализ передового опыта внедрения интеллектуальных систем управления уличным освещением

Компании, которые в текущее время разрабатывают и внедряют умное уличное освещение в муниципальную инфраструктуру, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Проекты по развитию умного уличного освещения в мире.

<i>Компания</i>	<i>Страна</i>	<i>Решения для умного уличного освещения</i>
<i>Группа компаний «Микрон»</i>	<i>Россия</i>	<i>Облачная платформа представляет собой личный кабинет для работы с данными и управления системой. Система может быть развернута на сетях GSM / NB-IoT / LoRa.</i>
<i>«Сервис Энерджи»</i>	<i>Россия</i>	<i>Система АСУНО «Spot Light» позволяет управлять освещением города от одного компьютера. Узлы умного освещения могут работать в автоматическом режиме. Можно управлять одним или группой светильников. Допускается использование различных каналов связи.</i>
<i>«Flashnet-AS»</i>	<i>Румыния</i>	<i>inteliLIGHT - полноценная система дистанционного управления уличным освещением и платформа «умного города», которую можно модернизировать практически без ограничений.</i>
<i>«Signify N.V.»</i>	<i>Нидерланды</i>	<i>Платформа Интернета вещей Interact, предлагающая клиентам сетевые системы освещения и программные возможности. API-интерфейсы платформы Interact позволяют объединить сетевые световые решения с другими системами управления и получать услуги на основе данных.</i>
<i>«Tridonic»</i>	<i>Германия</i>	<i>Программное обеспечение SensorMODE, интегрированное в драйверы светодиодов Tridonic позволяет использовать профили регулировки яркости без дополнительных элементов управления. В сочетании с ChronoSTEP освещение регулируется по времени в ночное время и вместе с датчиком движения реагирует на активность или присутствие.</i>
<i>«Longt Lighting Group Co»</i>	<i>Китай</i>	<i>Продукт для небольшого города с умным уличным освещением, в которые интегрированы технологии Wi-Fi, автомобильные зарядные устройства, камеры наблюдения и т. д.</i>

Источник: составлено авторами на основе [3-7]

Умное освещение установлено на одной из улиц немецкого наукограда Дармштадт. Данная система была основана на беспроводной передаче данных и технологии Интернета вещей. Усовершенствованные фонари оснащались энергосберегающими LED-светильниками и встроенными ИК-датчиками. Таким образом, применение энергоэффективной технологии позволило сэкономить 87% электроэнергии города [8].

Объем мирового рынка интеллектуального уличного освещения в 2021 году оценивается в 2,04 миллиарда долларов США. По прогнозам Fortune Business Insights, рынок рассматриваемых инноваций вырастет до 8,23 миллиарда долларов США к 2029 году, при этом среднегодовой темп роста составит 19,2% в течение прогнозируемого периода [9]. Таким образом, разработчики систем умного уличного освещения планируют ежегодно совершенствовать функциональные возможности своих продуктов, предоставлять клиентам все более точные и надежные сервисы по управлению освещением в городском секторе.

Возможности интеллектуальных систем управления уличным освещением

Рассмотрим возможности интеллектуальных систем управления уличным освещением:

1. Одним из ключевых преимуществ умных светодиодных светильников для уличного освещения является энергоэффективность. Их можно запрограммировать на включение и выключение света в зависимости от таких факторов, как время суток, окружающее освещение и даже движение пешеходов или транспортных средств. Регулируя уровень освещения в соответствии с условиями реального времени, города могут экономить электроэнергию и сокращать выбросы углекислого газа в атмосферу на 882000 тонн.
2. Самостоятельный контроль работы уличного освещения: дистанционно снимаются показания приборов учета, выявляются поломки в сети и незаконные подключения [10]. Сбор и передача данных могут реализовываться при помощи стандартизированных аппаратных средств и систем BigData или путем объединения приложений и программных средств, взаимодействующих друг с другом через API. Благодаря тому, что вся информация передается диспетчерам в режиме реального времени, те могут незамедлительно реагировать на любые непредвиденные ситуации. Такой подход позволяет муниципалитету более эффективно проводить техническое обслуживание крупномасштабных сетей общественного освещения и анализировать их состояние через Интернет с помощью специального интерфейса. Таким образом, интеллектуальное уличное освещение обеспечивает идеальные условия для создания многофункциональной инфраструктуры умного города.
3. Срок службы используемых при умном уличном освещении светодиодных ламп в 11 раз превышает срок службы традиционных галогенных и люминесцентных светильников.
4. Обеспечение ночного освещения для общественной безопасности. Так как сети наружного освещения протягиваются вдоль всего города, камеры видеонаблюдения или системы безопасности, подключенные к модернизированным устройствам освещения, позволяют контролировать требуемые районы муниципалитета и предотвращать рост преступности. Также GPS-датчики, установленные на фонарных столбах, способны определять интенсивность движения транспорта или пешеходов на дорогах, вследствие чего яркость освещения на улице автоматически увеличивается или уменьшается, что способствует сокращению количества ДТП [11]. Поэтому системы городского освещения на основе устройств Интернета вещей могут быть интегрированы с другими приложениями IoT и Smart City для повышения безопасности и комфорта граждан.

Особенности внедрения устройств Интернета вещей для управления освещением в городах в Российской Федерации

В Российской Федерации использование технологии Интернета вещей в системах управления уличным освещением активно развиваются в последнее десятилетие. Энергоэффективные фонари позволяют повышать качество жизни граждан и сокращать расходы на техническое обслуживание муниципального освещения. По оценке «Ростелекома» в результате замены ртутных и натриевых ламп на светодиодные удастся экономить до 60% затрат на уличное освещение, а также снижать годовое электропотребление на 7–8 миллионов киловатт-часов [11]. Но при этом, внедрение технологий Интернета-вещей в энергоэффективные системы уличного освещения во многих городах России приводит к дорогостоящему дополнительному инвестированию.

Следует обратить внимание на следующие особенности внедрения устройств Интернета вещей в системы городского освещения:

1. Возможность заключения энергосервисного контракта. Основное преимущество такого договора на оказание услуг – внедрение систем управления уличным освещением осуществляется за счет исполнителя. В свою очередь, муниципальные органы власти в течение последующих нескольких лет, обусловленных контрактом, выделяют Исполнителю определённый бюджет на техническое обслуживание установленной системы, используя для данной цели средства, сэкономленные из-за снижения уровня энергопотребления. Таким образом, можно смягчить требования к инвестированию для внедрения устройств Интернета вещей со стороны региона.
2. Возможность использования солнечной энергии для сокращения издержек на обслуживание умного уличного освещения. Однако эффективное внедрение и техническое сопровождение описываемого программного продукта зависит от условий конкретного региона, включая климат, рельеф местности, количество солнечных дней в году.
3. Использование беспроводной технологии LoRaWAN для обеспечения работы Интернета вещей, используемых в освещении. Использование данного типа беспроводной технологии для крупных городов (с населением от 1 млн человек) позволяет снизить объем потребляемой электроэнергии.
4. Возможность обеспечения безопасности данных в умных осветительных сетях с использованием блокчейн. К системам умного уличного освещения может быть подключены устройства, хранящие конфиденциальную информацию. Поэтому возникает проблема надлежащей защиты такую информацию. Централизованные облачные сервисы, с которыми обычно взаимодействуют устройства Интернета вещей, часто подвергаются кибератакам, в результате чего возникают плачевные последствия для жителей города. Предполагается, что технология блокчейн обеспечит наиболее высокий уровень безопасности всей информационной инфраструктуры.

Следует указать перечень действий, которые необходимо выполнить для модернизации городского освещения за счет внедрения устройств Интернета вещей (с учетом уровня готовности ИТ-инфраструктуры города):

1. Определить уровни готовности к информатизации в каждом из Р города.
2. Провести рейтингование районов города в соответствии с их уровнями готовности к информатизации.
3. Спрогнозировать стоимость ИТ-проектов по внедрению устройств Интернета вещей в управление освещением района.
4. Определить комбинацию из N ($N \leq P$) проектов, для которых суммарная стоимость проектов минимальна и не превышает значение S (сумму средств, выделенную на модернизацию городского освещения).

Выводы:

Таким образом, в данной работе решены следующие задачи:

1. Проанализирован передовой опыт внедрения интеллектуальных систем управления уличным освещением.
2. Проанализированы особенности внедрения устройств Интернета вещей для управления освещением в городах в Российской Федерации.
3. Сформирован перечень действий, которые необходимо выполнить для модернизации городского освещения.

1. Водовозов А. М., Бурцев А. В. Интеллектуальная система уличного освещения на основе парадигмы интернета вещей // Вестник Череповецкого государственного университета. 2021. №3 (102). С. 7-17.

2. Попов А.А. Алгоритм выбора информационной системы для предприятия с учетом уровня его готовности к автоматизации // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 5-1. С. 66-70.
3. Московская компания разработала систему онлайн-управления уличным освещением [Электронный ресурс] // Департамент инвестиционной и промышленной политики города Москвы. URL: <https://www.mos.ru/news/item/60256073> (дата обращения: 18.11.2023).
4. Освещение городских улиц [Электронный ресурс] // Serviceenergy. URL: <https://www.serviceenergy.ru/solutions/umnoe-osveshchenie/osveshchenie-gorodskikh-ulits/> (дата обращения: 18.11.2023).
5. ENERGY AWARE - 360° APPROACH [Электронный ресурс] // Flashnet. URL: <https://www.flashnet.ro/> (дата обращения: 18.11.2023).
6. Smart Street lighting will help future-proof our cities [Электронный ресурс] // Signify. 2020. URL: <https://www.signify.com/global/our-company/blog/innovation/smart-street-lighting-will-help-future-proof-cities> (дата обращения: 18.11.2023).
7. Company Profile [Электронный ресурс] // Longt Lighting Group Co., Ltd. URL: <https://longtgroup.en.made-in-china.com/> (дата обращения: 18.11.2023).
8. Энергоэффективное наружное освещение в Германии [Электронный ресурс] // Институт высоких технологий Белгородского Государственного Университета. URL: <https://ivt.su/news/YEnergoyeffektivnoe-naruzhnoe-osveshheni-2/> (дата обращения: 19.11.2023).
9. Smart Street Lighting Market [Электронный ресурс] // Fortune Business Insights. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/smart-street-lighting-market-106898> (дата обращения: 18.11.2023).
10. Лисицына Д. Фонари с интеллектом [Электронный ресурс] // Российская газета - Неделя - Кубань-Кавказ: №265(8913). 2022. URL: <https://rg.ru/2022/11/23/reg-ufo/fonari-s-intellektom.html> (дата обращения: 19.11.2023).
11. Никитин М. С., Тычков А. Ю. Система интеллектуального городского уличного освещения на основе IoT-платформы // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2022. №1 (39). С. 13-20.

Марданов В.А., Семенова С.Н., Семенова А.Н.

**Мелиоративное влияние полевых защитных лесных полос Абинского района
Краснодарского края**

*Кубанский государственный университет
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-828

Аннотация

В данной статье исследуется мелиоративное влияние лесных полевых защитных полос в Абинском районе Краснодарского края. Цель работы – проведение оценки эколого-мелиоративного влияния лесных полос в современных условиях на агроландшафты Краснодарского края, установление зависимости влияния на урожайность от состояния и типа конструкции защитных лесных насаждений. Определены задачи: 1) рассмотреть эколого-мелиоративные функции полевых защитных лесных полос; 2) оценить влияние лесных полос на агроландшафты Краснодарского края.

Ключевые слова: лесные полевые защитные полосы, мелиоративное влияние, бонитет, экологическое состояние, агроландшафт, Краснодарский край, Абинский район.

Abstract

The article studies the meliorative effect of forest protective strips in the Abinskiy district of the Krasnodar Territory. The purpose of the work is to assess the ecological and meliorative impact of forest strips in modern conditions on the agricultural landscapes of the Krasnodar Territory and to establish the dependence of the impact on yield on the condition and type of protective forest plantations construction. The main tasks are defined: 1) to consider the ecological and meliorative functions of protective forest strips; 2) to assess the impact of forest strips on the agricultural landscapes of the Krasnodar Territory.

Keywords: forest protective strips, land meliorative influence, bonitet, ecological condition, agricultural landscapes, Krasnodar Territory, Abinskiy district.

Введение

В данной статье рассматривается влияние ползащитных лесных полос на мелиоративные функции агроландшафта в Абинском районе Краснодарского края. Для проведения исследования были выбраны три лесные полосы. Их бонитет и экологическое состояние были изучены с целью определения мелиоративного влияния.

Результаты показали, что конструкция, высота и виды древесных пород оказывают влияние на мелиоративные функции лесных полос, что влияет на урожайность сельскохозяйственных культур и экономическую эффективность.

Цель работы – проведение оценки эколого-мелиоративного влияния лесных полос в современных условиях на агроландшафты Краснодарского края, установление зависимости влияния на урожайность от состояния и типа конструкции защитных лесных насаждений.

Определены основные задачи работы:

- 1) рассмотреть эколого-мелиоративные функции ползащитных лесных полос;
- 2) оценить влияние лесных полос на агроландшафты Краснодарского края.

Для изучения состояния эколого-мелиоративных функций выбрано несколько ползащитных лесных полос. Экологическое состояние насаждений колебалось от 2 до 4 баллов.

Таблица 1

Сравнение лесомелиоративных характеристик исследуемых лесных полос района исследований

№ л/п	Конструкция лесных полос	Высота, м	Мелиоративное влияние, м		Коэффициент снижения мелиоративного влияния
			Плотная конструкция	Ажурная конструкция	
1	2	3	4	5	6
1	Плотная	19,7	453,1	650,1	0,7
2	Плотная	18,5	425,5	610,5	0,7
3	Плотная	11,6	141,9	322,5	0,7
Среднее	Плотная	15,44	266,8	382,8	0,7

Из табл. 1 видно, что мелиоративный эффект лесных полос различается в зависимости от вариантов исследований. Конструкция ползащитных лесных полос, включая высоту, ширину, ярусность, плотность и состав древесно-кустарниковых пород играют важную роль в определении мелиоративного влияния [4].

Так, в данном лесомелиоративном районе, увеличение плотности лесных защитных насаждений уменьшает мелиоративные свойства лесополосы на 46 %. Это приводит к потере урожайности.

В среднем дальность мелиоративного действия ажурной лесополосы составляет 30–35 Н (где Н – высота деревьев). Действие продуваемой лесной полосы 20–25 Н, а значит и увеличение ее плотности приводит к уменьшению дальности мелиоративного действия от 10 до 15 Н. Влияние лесных полос на агроландшафты представлено в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что количество просветов в профиле лесной полосы (л.п.) с ясенем обыкновенным в среднем составила 72 %, что соответствует плотной конструкции.

Таблица 2

Влияние лесных полос на агроландшафты.

Название лесополосы	Количество просветов в профиле л.п., %	Длина, м	Влияние при 23 Н, м	Влияние при 33 Н, м	Потери влияния, га
1	2	3	4	5	6

<i>С Ясенем обыкновенным</i>	72	780	453,1	650,1	15,4
<i>С Дубом черешчатым</i>	89	1700	425,5	610,5	31,5
<i>С Дубом черешчатым и Кленом татарским</i>	78	900	141,9	322,5	16,3
<i>Среднее</i>	79,7	1126,7	340,2	527,7	21,1

Это значит, что дальность мелиоративного действия уменьшается до 10 Н (в среднем при 23 Н – влияние плотной лесной полосы и 33 Н – ажурной), что при средней высоте лесополосы в 19,7 метров составляет 453,1 метров. В то же время лесополоса ажурной конструкции с плотностью 60 % имела бы зону мелиоративного влияния 650,1 метров. Это свидетельствует о сокращении мелиоративного действия и потере урожайности на части поля размером 780х197 метров, что по площади составляет 15,4 гектара (табл. 3).

Изменение зоны мелиоративного влияния для плотной по конструкции полезащитной лесной полосы, в зависимости от возраста колебалось от 115 до 453 м. При ажурном состоянии наблюдалось увеличение зоны влияния и составило для того же возрастного периода 165–650,1 м. Максимальная высота полезащитной лесной полосы составила 19,7 м.

Мелиоративное влияние для плотной по конструкции полезащитной лесной полосы №2, в зависимости от возраста колебалось от 115 до 425,5 м. При ажурном состоянии наблюдалось увеличение зоны влияния, что составило для того же возрастного периода 165–610,5 м. Максимальная высота полезащитной лесной полосы 18,5 м [3].

Мелиоративное влияние для плотной по конструкции полезащитной лесной полосы №3, в зависимости от возраста колебалось от 115 до 266,8 м. При ажурном состоянии наблюдалось увеличение зоны влияния и составило для того же возрастного периода 165–382,8 м. Максимальная высота полезащитной лесной полосы составила 11,6 м.

Таблица 3

*Экономическая эффективность лесных полос в районе исследований
(для среднего поля площадью 27 га)*

<i>Сельхоз культура</i>	<i>Урожайность, ц/га</i>	<i>Прибавка урожая, ц/га</i>	<i>Доход с продажи без прибавки, руб.</i>	<i>Доход с продажи с прибавкой, руб.</i>	<i>Затраты на уборку, руб.</i>	<i>Прибыль с прибавкой, руб.</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>Озимая пшеница</i>	63,5	4,45	2828925	3027173	105951	2921221
<i>Яровой ячмень</i>	59,8	4,20	2873988	3075840	107654,4	2968186
<i>Кукуруза</i>	52,3	3,66	2372328	2538346	88842,1	2449504
<i>Подсолнечник</i>	23,9	1,67	3226500	3451950	120818,3	3331132

Как видно из табл. 3, согласно проведенному исследованию специалистов [1; 2], увеличение урожая варьировало от 1,67 до 4,45 ц/га. Максимальная урожайность отмечается для озимой пшеницы – 4,45 ц/га; ярового ячменя – 4,20 ц/га. Прибыль с прибавкой для данных сельскохозяйственных культур составила 2,9 млн. руб. по каждому варианту.

Что касается подсолнечника, отмечаются более высокие показатели прибыли, что составило 3.331.132 руб. Для других сельскохозяйственных культур прибыль была несколько ниже.

Таким образом, полученные результаты могут быть использованы для составления наглядного материала для практических занятий по изучению Абинского района Краснодарского края.

1. Есков Д.В. Закономерности воздействия конструкции лесных полос на микроклимат и урожайность яровой пшеницы на южном черноземе // Успехи современного естествознания. – 2022. – №5. – С. 12–18.
2. Ивашенко Н.Н. Влияние лесных полос различных конструкций на ветровой поток и снегораспределение. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (41). – С. 16–19.
3. Ивонин В.М., Танюкевич В.В., Лобов Н.Е. Адаптивная лесомелиорация степных агроландшафтов / под ред. В.М. Ивонина. – Новочеркасск: Новочеркас. гос. мелиоратив. акад., 2009. – 284 с.
4. Павловский Е.С. Устройство агролесомелиоративных насаждений. – М.: Лесная промышленность, 1973. – 128 с.

Соколов Н.С.

Анализ строительной деятельности по вводу жилья

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

doi: 10.18411/trnio-12-2023-829

Аннотация

В статье дается краткое теоретическое понятие новой экономики и инновационной модернизации. Глубокие трансформации общества привели к необходимости внедрения нововведений во всех сферах жизни общества, в том числе и строительстве. Коренные изменения в этой отрасли рассмотрены на примере Чувашской Республики. Основной составляющей строительной отрасли Чувашии является жилищное строительство, которое направлено на реализацию приоритетной государственной жилищной программы до 2020 года - создание комфортной среды проживания и жизнедеятельности человека. Для его развития в республике создана прочная основа на ближайшее десятилетие. В Республике активно выполняется приоритетный проект по формированию комфортной среды и благоустройству, который действует с 2017 года. С учетом этого проекта комплексная застройка территорий осуществляется на площади около 2,0 тыс. га с планируемым жилищным фондом 7,0 млн. кв.м.

Ключевые слова: инновация, модернизация, аварийный жилищный фонд, переселение, процентная ставка, комфортная среда, комплексная застройка.

Abstract

The paper gives a brief theoretical concept of the new economy and innovative modernization. Deep transformations of society resulted in the need to introduce innovations for society in all spheres of life, including construction. The fundamental changes in this industry are considered on the example of the Chuvash Republic. The main component of the construction industry of Chuvashia is housing construction with the aim of implementation of the priority state housing program until 2020 in the field of comfortable environment for living and activities. A solid basis for housing construction development has been created in the Republic for the next decade. The priority project on the formation of a comfortable environment and landscaping has been in place since 2017 and is being actively implemented in the Republic. Considering this project, the complex development of territories

is carried out on the area of about 2.0 thousand hectares with the planned housing stock of 7.0 million square meters.

Keywords: innovation, modernization, failing housing stock, relocation, rate, comfortable environment, complex development.

В конце XX – начале XXI веков почти во всех странах мира начались преобразования. Согласно научным прогнозам они, вероятно, продлятся до середины наступившего века. В различных странах трансформации по-разному повлияли на развитие общества. В одних странах произошли глубинные изменения во всех сферах национальной экономики, в других – коснулись лишь отдельных её сторон. Россия с её регионами оказалась страной, в которой на основе глубочайших экономических преобразований практически образовался новый тип общественного производства. Основной его характеристикой является то, что, несмотря на уверение западных лидеров, экономика страны не стала ни капиталистической, ни социалистической. Образовалась совершенно другая экономика – это интегрированная, новая экономика. Поэтому инновации и модернизации в строительстве, в частности в жилищном строительстве, мы рассматриваем в контексте радикальных перемен с учетом выполнения регионами, в данной статье Чувашской Республикой, государственной жилищной политики до 2020 года – создание комфортной среды проживания и жизнедеятельности для человека.

Необходимо подчеркнуть, что об инновациях и модернизациях пишут сейчас необычайно много. И это естественно, потому что они затрагивают буквально все сферы жизни, все этажи человеческого бытия. Но не менее важно и другое - не все модернизации инновационны.

Важно добавить, что под инновационной модернизацией подразумевается – модернизация основанная на знаниях, на доброжелательном восприятии новых идей, новых машин, систем и технологий, признанные обществом и внедренные в жизнь через рыночные отношения.

Примеры о неинновационности модернизаций можно привести как на уровне всей экономической системы в начале новой экономики, так и в различных отраслях народного хозяйства страны.

Неинновационность модернизаций заключается, по нашему мнению, в двух ипостасях. С одной стороны модернизации основных фондов, оборотных средств, взаимоотношения различных агентов рыночного хозяйства, разработанные с учетом новых технологий, предполагающие многомиллиардную экономию стране не становятся инновационными из – за невосприимчивости к инновациям, недоверия к новым технологиям, страха перемен. Модернизации плохо внедряются, вследствие того что нет настоящей системы коммерциализации новых продуктов и технологий.

Другая ипостась – инновационные модернизации не становятся инновационными из – за их антиинновационности, то есть модернизационных процессов, связанных со стратегическими ошибками, приведшими к спаду производства и застою социально – экономического развития общества.

Неинновационные модернизации в строительстве заключаются, прежде всего, в том, что они в переходном к новой экономике периоде привели не только к активизации личных и коллективных интересов, относительно более эффективному функционированию предприятий и организаций негосударственной формы собственности, но и к некоторым негативным явлениям, которые в большей мере проявились на фоне общего кризиса производства в стране. К сожалению, примеры о неинновационных модернизациях много. Они в основном известны.

Глубокие преобразования в стране привели к необходимости инновационной модернизации рыночных отношений собственности в области производства, реализации и потребления жилья в регионах и стране в целом. Началом преобразований отношений собственности в жилищном хозяйстве стали Законы РФ «О приватизации жилищного фонда» и «Об основах федеральной жилищной политики» которые получили развитие в государственных целевых программах «Жилище», «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации».

В соответствии с основными положениями этих документов в России произошли коренные изменения в жилищном секторе. Большая часть населения стала собственниками

своего жилища. Семьи, приватизировавшие свои квартиры или купившие новые, получили возможность совершать с ними любые сделки по отчуждению имущества: продавать, дарить, завещать. Одновременно существенные модернизации внедрены в структуру организации, управления и финансировании жилищного строительства. Рассмотрим эти инновационные модернизации на примере Чувашской Республики.

По итогам прошлого года произошло замедление темпов в указанной отрасли. Площадь введенного жилья составила 629,8 тыс. кв. м, в т. ч. организациями-застройщиками построено 436,1 тыс. кв. м (80,1% к уровню 2015 года), наибольшие объемы которых обеспечили: ООО «СУОР», ООО «Отделфинстрой»; ОАО «Иско-Ч»; ООО «Устра», ЗАО «ГУС», ООО «Волгастройдевелопмент», ЗАО «Стройтрест №3», ООО «Лидер».

Уменьшение объемов индустриального домостроения связано прежде всего со снижением покупательского спроса. В течение двух лет произошло снижение стоимости жилья на первичном рынке более чем на 5 тыс. рублей за 1 кв. метр. По данным Чувашстата в 1 кв. 2017 г. стоимость 1 кв. м типового жилья составила 36,0 тыс. рублей.

Следует обратить внимание на то, что в предыдущем 2015 году объемы индустриального домостроения в республике были рекордными даже за последнее десятилетие (544,6 тыс.кв.метров). С учетом этого достигнутые результаты по итогам 2016 года следует рассматривать как достаточно неплохие.

На сегодняшний момент на стадии незавершенного строительства находится 145 многоквартирных жилых домов общей площадью 1 171,3 тыс.кв.метров, из которых по предварительным данным будут введены в эксплуатацию в текущем году не менее 460 тыс. кв. м. С учетом индивидуального жилья в целом планируется ввести не менее 630 тыс.кв. жилья.

За январь-май т. г. введено в эксплуатацию 105,7 тыс. кв. м общей площади жилья (98,2 % к соответствующему периоду 2016 года), в т. ч. организациями-застройщиками 81,1 тыс. кв. м, что составляет 121,7% к соответствующему периоду 2016 года.

Со своей стороны Правительство Республики продолжает стимулировать повышение доступности и спроса на жилье, а также развивать жилищное строительство за счет реализации государственных жилищных программ.

В 2017 году в рамках реализуемых жилищных программ государственную поддержку для улучшения жилищных условий получают более 5,7 тыс. семей из бюджетов различных уровней планируется направить более 3,2 млрд, рублей (в том числе: молодые семьи - 302,8 млн. руб., ветераны ВОВ - 99 млн. руб., инвалиды - 54 млн. руб., многодетные семьи - 50 млн. руб., дети-сироты - 121,4 млн. руб., переселение из аварийного жилья – 1364,8 млн. руб., федеральный мат. капитал - 868,6 млн. руб.).

На начало 2016года в очереди в качестве нуждающихся в жилых помещениях состояли 80,31 тыс. семей, или 17,0% от общего числа семей в республике. Обеспеченность жильем на 1 тыс. человек составляла 471 жилую единицу, средняя обеспеченность населения республики жильем превышала среднюю обеспеченность по субъектам ПФО и по итогам 2014 года составляла 25,4 кв. м на 1 человека.

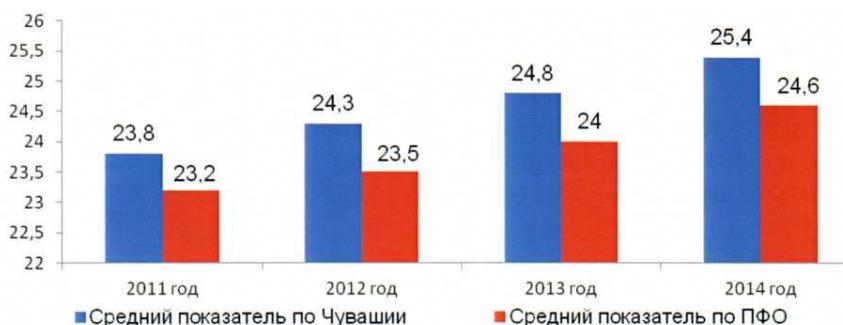


Рисунок.1. Средняя обеспеченность жильем на 1 человека.

Строительство жилья в ЧР является одним из приоритетов государственной политики. В Чувашии за счет всех источников финансирования с 2011по 2015 год введено в эксплуатацию более 4236,8 тыс. кв. м жилья, в том числе 2295,0 тыс.кв.м жилья построено индивидуальными застройщиками. В 2015 году за счет всех источников финансирования введено в эксплуатацию

832,8 тыс. кв. метров общей площади жилья. По Приволжскому федеральному округу (далее – ПФО) ЧР в числе лучших по показателю ввода жилья на 1 человека, который по итогам 2015 года составил 0,673 кв. метра.



Рисунок 2. Ввод жилья на 1 человека по Приволжскому федеральному округу.

Одним из основных направлений развития жилищного строительства в республике является строительство жилья экономического класса.

К 2020 году планируется довести объем строительства жилья экономического класса до 62% от общего объема ввода жилья (в 2,2 раза выше уровня 2011 года).

В 2015 году по стандартам экономического класса введено 399,7 тыс. кв. м жилья, или 100,8% к уровню 2014 года (396,5 тыс. кв. м), что составило 48% от общего объема введенного в 2015 году жилья.

Приказом Минстроя России от 27 мая 2014 г. № 258/пр утвержден перечень субъектов Российской Федерации, на территории которых осуществляется реализация программы «Жилье для российской семьи» (далее - программа) в рамках государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации». В указанный перечень вошла и Чувашская Республика.



Рисунок 3. Динамика строительства экономического класса.

Предусматривается строительство жилья экономического класса застройщиками с обязательством его последующей реализации по цене не более 35 тыс. рублей за 1 кв. метр.

В октябре 2014 года и мае - июне 2015 года проведен отбор застройщиков для участия в программе, по результатам которого участниками программы признаны 5 строительных организаций, которыми планируется построить не менее 210 тыс. кв. м жилья экономического класса.

В 2015 году в рамках программы 106 семей заключили договоры долевого участия в строительстве 5,34 тыс. кв. м общей площади жилья экономического класса, 137 семей приобрели 6,62 тыс. кв. м жилья по договорам купли-продажи.

По состоянию на 1 апреля 2016 г. введен в эксплуатацию 1 жилой дом площадью жилья экономического класса 8,4 тыс. кв. м, а также начато строительство 9 жилых домов общей площадью жилья экономического класса 43,6 тыс. кв. метров. 2014 года.

Кредиты и займы получили 9007 граждан. Общая площадь построенного и приобретенного с использованием кредитов и займов жилья составила 396,3 тыс. кв. метров.



Рисунок 4. Средневзвешенная процентная ставка по жилищным кредитам в 2014-2015 годах

Средневзвешенная процентная ставка по ипотечным кредитам в Чувашской Республике в 2015 году составила 13,14%.

В Чувашской Республике в период с 2008 по 2015 год введено в эксплуатацию 16 объектов государственного жилищного фонда Чувашской Республики коммерческого использования (далее - госжилфонд) на 1986 квартир общей площадью 106,2 тыс. кв. метров.

Решением Кабинета Министров Чувашской Республики предусмотрена возможность выкупа нанимателями жилых помещений госжилфонда. Продажа жилых помещений осуществляется по рыночной стоимости, определенной в соответствии с законодательством Российской Федерации, при этом предусмотрена рассрочка платежа на 10 лет.

По состоянию на 1 января 2016 г. заключено 222 договора купли-продажи на сумму 411,5 млн. рублей на жилые помещения общей площадью 9,1 тыс. кв. м, в республиканский бюджет Чувашской Республики поступило 110,7 млн. рублей. По состоянию на 1 апреля 2016 г. заключено 246 договоров купли-продажи на сумму 456,7 млн. рублей на жилые помещения общей площадью 10,1 тыс. кв. м, в республиканский бюджет Чувашской Республики поступило 126,4 млн. рублей.

Реализуются социальные программы, дающие возможность улучшить жилищные условия молодым семьям, детям-сиротам и детям, оставшимся без попечения родителей, лицам из числа детей сирот и детей, оставшихся без попечения родителей (далее - дети-сироты), многодетным семьям, инвалидам и семьям, имеющим детей-инвалидов, ветеранам Великой Отечественной войны.

Всего в 2015 году в рамках различных жилищных программ из бюджетов различных уровней выделено более 2 млрд. 800 млн. рублей на улучшение жилищных условий около 4,9 тыс. семей.

Поддержка молодых семей в улучшении жилищных условий является важным направлением жилищной политики.

В рамках реализации подпрограммы «Обеспечение жильем молодых семей» федеральной целевой программы «Жилище» на 2011-2015 годы в 2011-2015 годах получили государственную поддержку в виде социальных выплат и улучшили жилищные условия 3300 молодых семей. На эти цели были привлечены средства из бюджетов разных уровней в объеме 1843,4 млн. рублей.

В 2015 году выданы свидетельства о праве на получение социальной выплаты на приобретение (строительство) жилого помещения 544 молодым семьям на сумму

млн. рублей, из них 155,7 млн. рублей - за счет средств федерального бюджета, 137,3 млн. рублей - за счет средств республиканского бюджета Чувашской Республики и 60,7 млн. рублей - за счет средств местных бюджетов.



Рисунок 5 Объем социальных выплат, млн. рублей.

В 2016 году на реализацию подпрограммы «Обеспечение жильем молодых семей» федеральной целевой программы «Жилище» на 2011-2015 годы предусмотрено 309,2 млн. рублей, из них 134,9 млн. рублей - средства федерального бюджета, млн. рублей - средства республиканского бюджета Чувашской Республики и 50,2 млн. рублей – средства бюджетов муниципальных образований. Ожидается, что смогут получить государственную поддержку в улучшении жилищных условий 488 молодых семей.

В рамках реализации Указа Президента Чувашской Республики от 6 марта 2002 г. № 51 «О мерах по усилению государственной поддержки молодых граждан в Чувашской Республике» (далее - Указ) молодым семьям возмещаются за счет средств республиканского бюджета Чувашской Республики затраты на уплату процентов за пользование ипотечными кредитами, привлеченными в 2002-2006, 2008-2009 годах. Всего за этот период в рамках реализации Указа получили ипотечные кредиты 5437 молодых семей, из них 1528 молодым семьям продолжается возмещение затрат на уплату процентов за пользование ипотечными кредитами. В республиканском бюджете Чувашской Республики на эти цели запланировано 1038,9 млн. рублей, из них в 2015 году направлено 23,6 млн. рублей, в 2016 году предусмотрено 22,8 млн. рублей. В соответствии с Указом Президента Чувашской Республики от 3 октября 2011 г. № 87 «О дополнительных мерах по государственной поддержке молодых семей в улучшении жилищных условий», указами Главы Чувашской Республики от 13 февраля 2012 г. № 24 «О мерах по обеспечению медицинскими кадрами учреждений здравоохранения Чувашской Республики на селе», от июня 2012 г. № 69 «О мерах государственной поддержки молодых учителей общеобразовательных учреждений Чувашской Республики в улучшении жилищных условий» оказывается государственная поддержка в виде возмещения за счет средств республиканского бюджета Чувашской Республики части затрат на уплату процентов по ипотечным кредитам (займам), привлеченным молодыми семьями, молодыми учителями для приобретения или строительства жилья, в течение 10 лет с даты заключения кредитного договора (договора займа) в размере 4% годовых.

Начиная с 2011 года указанную государственную поддержку получают 3021 молодая семья, 124 молодых учителя, 1 медицинский работник. За 2011- 2015 годы из республиканского бюджета Чувашской Республики на эти цели было направлено 314,8 млн. рублей.

Продолжается реализация самой масштабной программы за последние годы по переселению граждан из аварийного жилья, признанного таковым до 1 января 2012 года.

Рамках программы предусмотрено переселение 12,85 тысяч граждан (4,8 тысяч семей), проживающих в 841 аварийном доме общей площадью жилых помещений 170,5 тыс. кв. м на сумму более 5,0 млрд, рублей, в том числе средства Фонда - 3302,8 млн. рублей,

республиканского бюджета Чувашской Республики - 1395,8 млн. рублей, местных бюджетов - 236,8 млн. рублей, внебюджетных источников - 68,7 млн. рублей.

В рамках 1-3 этапов Программы в благоустроенные жилые помещения переселены 9,61 тыс. человек (74,8%) из аварийного жилья общей площадью 124,24 тыс. кв. м (72,9%). Установленные Правительством Российской Федерации (от 26.09.2013 № 1743-р) для Чувашской Республики целевые показатели на 2016 год выполнены в полном объеме: по общей площади на 100,74 % (по плану 40,78 тыс. кв. м. - фактически 41,1 тыс.кв.м.), по численности подлежащих расселению граждан - 110,68 % (по плану 3,09 тыс. человек - фактически 3,4 тыс. человек).

В текущем году также предстоит завершить реализацию Программы. В рамках IV этапа необходимо переселить 3,4 тыс. человек из 184 аварийных домов общей площадью жилых помещений 47,7 тыс. кв. м. в 8 муниципальных образованиях.

По состоянию на текущую дату переселены 0,1 тыс. человек (4,0%) из 0,05 тыс. жилых помещений общей площадью 2,0 тыс.кв.м. (4,2%). Из предусмотренных на реализацию IV этапа Программы 1387,5 млн. рублей муниципальными образованиями Чувашской Республики освоены средства в размере 306,1 млн. рублей (22,1%).

Муниципальные контракты заключены на строительство (приобретение) 1136 жилых помещения, что составляет 91,9% (в т.ч. 38 жилых помещений в рамках договоров о развитии застроенных территорий). Муниципальные контракты заключены в полном объеме в Чебоксарском, Канашском районах и в г. Чебоксары, частично - Козловском, Комсомольском, Шумерлинском, Ядринском районах, в г. Шумерля.

Наибольший объем аварийного жилищного фонда, подлежащего расселению в рамках IV этапа Программы, приходится на г. Чебоксары: 2,8 тыс. человек из 3,3 тыс. человек (84,8%), 39,3 тыс. кв.м, общей площади жилых помещений из 47,7 тыс. кв.м, общей площади жилых помещений (82,4%).

В связи с этим, обеспечивается надлежащий контроль и безусловное выполнение всех параметров программы в установленные сроки.

Также немаловажным направлением развития строительной отрасли, как и во многих других отраслях, является создание комфортных условий граждан как для жизни, так и для работы, отдыха.

Впервые в текущем году начата реализация проекта по формированию комфортной городской среды, целью которой является создание условий для системного повышения качества и комфорта городской среды.

В 2017 году на приведение в порядок дворовых территорий в городах Чебоксары, Новочебоксарск, Шумерля, Канаш, Алатырь, в Батыревском, Козловском, Мариинско-Посадском, Цивильском районах направляется 280 млн.рублей. Указанные средства будут использованы на ремонт проездов, тротуаров, обустройство автомобильных парковок, организацию детских и спортивных площадок, освещение и озеленения дворовых территорий.

При этом, нам необходимо обратить внимание на создание комфортных условий уже на стадии реализации новых проектов по комплексному освоению территорий.

Сегодня в г.Чебоксары активно застраиваются жилые районы «Новый город», по ул. Б. Хмельницкого («Садовый»), в центральной части города микрорайоны 1 «А» и 2 «А» («Грязевская стрелка», «Благовещенский»), 3, 4 («Премьер»), 7 («Радужный»), микрорайоны «Солнечный», «Ясная Поляна» Новоюжного жилого района, «Университетский-2» Северо-западного жилого района.

Однако не во всех застраиваемых территориях ведется формирование общественных пространств, дворовых территорий, мест массового отдыха в соответствии с утвержденными проектами планировки территорий. Зачастую Застройщики ограничиваются лишь строительством самих домов.

Реализация указанных мероприятий также позволит повысить привлекательность жилья на указанных территориях и обеспечить более высокий спрос на него.

В качестве положительного примера отмечу, что в данном направлении работают ООО «Отделфинстрой», ООО «ИСКО-Ч». Формирование общественных пространств осуществляется путём разработки архитектурно-планировочных и ландшафтно-дизайнерских решений, которые не входят в состав градостроительной документации.

В свою очередь, Правительством республики принимаются меры по развитию социальной и транспортной инфраструктуры на участках комплексной застройки территорий.

Только за последние несколько лет из бюджетов различных уровней выделено более 600 млн.рублей на строительство дошкольных учреждений в мкр. Садовый, Новый город, Радужный, Альгешево. Построена средняя общеобразовательная школа на 1100 мест по ул. Гладкова.

В ближайшие годы планируется строительство и реконструкция 15 школ, в том числе школы в микрорайонах г. Чебоксары: «Волжский-3», «Садовый», «Новый город», «Благовещенский», «Лента», строительство республиканской кадетской школы на 400 мест, а также запланировано строительство и реконструкция 8 дошкольных образовательных организаций.

Для реализации поставленных задач особую актуальность приобретает качественно выполненная проектно-сметная документация с использованием надежных и экономически эффективных и технологически обоснованных конструктивных схем и элементов. Например, использование заглубленных конструкций [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] позволяет увеличить надежность оснований и фундаментов зданий и сооружений.

1. Валуи А.А., Киевский И.Л., Хоркина Ж.А. Пятилетие реализации государственной программы города Москвы «Жилище» и планы на 2016 – 2018 гг //Жилищное строительство 2016. № 10. С. 44 – 48.
2. Львов И.В., Мамаев Н.Г., Тарасов В.И., Ушков С.М. Модернизационные процессы, направленные на снижение «синдрома большого здания»//Казанская наука. 2017. № 4. С.18-21.
3. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроналивных свай с многоступенчатыми уширениями//Жилищное строительство. 2016. № 10. С. 54 -57.
4. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай // Жилищное строительство. 2017. №5. С. 34-38.
5. Соколов Н.С. Использование буроналивных свай-ЭРТ в качестве оснований фундаментов повышенной несущей способности // Промышленное и гражданское строительство. 2017. №8. С. 74-79.
6. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Мелкозернистый бетон, как конструкционный строительный материал буроналивных свай-ЭРТ // Строительные материалы. №5. 2017. Стр. 16-20.
7. Соколов Н.С., Викторова С.С., Смирнова Г.М., Федосеева И.П. Буроналивная свая-ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция // Строительные материалы. №9. 2017. Стр.
8. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2014). - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского госуниверситета. С. 411-415.
9. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буроналивных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2014). - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского госуниверситета. С. 415–420.
10. 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.
11. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай. Строительные материалы. 2013. №5. С. 44-47.
12. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления буроналивных свай Жилищное строительство. 2018. №1-2. С. 62-65.
13. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буроналивных свай ЭРТ. Строительные материалы. 2017. 5. С. 16-19.
14. Никонорова И.В., Соколов Н.С. Строительство и территориальное освоение оползнеопасных склонов Чебоксарского водохранилища // Жилищное строительство. 2017. №9. С. 13-19.

Соколов Н.С.

Выбор оптимального типа заглубленных конструкций

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

doi: 10.18411/trnio-12-2023-830

Аннотация

Надежность эксплуатации построенных зданий и сооружений зависит от рационально принятых типов фундаментов. Для случаев наличия в основании структурно-неустойчивых инженерно-геологических элементов (ИГЭ) к проектированию и строительству фундаментов предъявляются повышенные требования. Для оснований сложенных из просадочных грунтов естественного залегания основными ухудшающими показателями является коэффициент относительной просадочности ε_{se} и начальное просадочное давление P_{se} . Пренебрежение влиянием этих показателей в большинстве случаев приводит к ухудшению надежной эксплуатации возведенных объектов. В рассматриваемой статье приводится случай из геотехнической практики, когда благодаря своевременно обнаруженной ошибке неучёта просадочных характеристик смогли избежать аварийной ситуации возводимого объекта.

Ключевые слова: коэффициент относительной просадочности ε_{se} , начальное просадочное давление P_{se} , электроразрядная технология ЭРТ, буроинъекционные сваи ЭРТ.

Abstract

Reliable operation of constructed buildings and structures depends on rationally adopted types of foundations. Where structurally unstable engineering and geological elements (EGE) are present in the foundation, increased demands are placed on the design and construction of foundations. For foundations composed of naturally occurring slumping soils, the main deteriorating indicators are the relative slumping rate ε_{se} and the initial slumping pressure P_{se} . Neglecting the influence of these indicators in most cases leads to the deterioration of operation reliability of constructed facilities. This paper presents a geotechnical case study, where the experts managed to avoid the emergency situation on the constructed facility by virtue of the timely detection of failure to take account of slumping aspects.

Keywords: relative slumping rate ε_{se} , initial slumping pressure P_{se} , discharge-pulse technology (DPT), DPT bored injection piles.

Строительство объектов на структурно неустойчивых основаниях требует от проектировщиков, геотехников и строителей особого подхода при назначении типа заглубленных конструкций. Наиболее востребованными в современном геотехническом строительстве являются сваи погружаемые в грунт в готовом виде или буровые сваи [1÷6]. Исследованиями [7÷15] доказано, что наиболее оптимальными являются для них такая характеристика, как удельная несущая способность \bar{q} которая характеризует несущую способность сваи на единицу ее объема $\bar{q} = \frac{F_d}{V}$ или удельная расчетная нагрузка \bar{q}' характеризующая расчетную нагрузку на единицу ее объема $\bar{q}' = \frac{N}{V}$. По этому показателю буроинъекционные сваи ЭРТ возглавляют всю линейку буровых свай.

В рассматриваемой работе рассмотрен случай из практики строительства многоэтажного жилого дома на основании с просадочными грунтами первого типа.

Инженерно-геологическое строение участка строительства характеризуется распространением четвертичного покрова различного генезиса (*tIV*, *dIII-IV*, *prIII*, *pdII-III*) мощностью до 15.2м на верхнепермских песчано-глинистых породах татарского яруса (*P3t*).

Сводный краткий инженерно-геологический разрез до глубины изучения 25.0 м (абс.отм. 116.9 м) приведен ниже в таблице 1.

Таблица 1

Инженерно-геологические условия строительной площадки.

Стратиг р. индекс	№№ ИГЭ	Описание	Характер залегания	Мощность, м
tIV	1	Техногенный грунт: суглинок коричневый, буровато-коричневый, перемятый с почвенным слоем и редким включением строительного материала (песок, щебень), полутвердый и тугопластичный.	Локальное	0,5-1,2м
dIII-IV	2	Суглинок тяжелый, коричневый, с налетом алевритистой пыли по трещинам, с редкими гумусовыми разводами, преимущественно полутвердый, участками до тугопластичной консистенции.	Площадное	0,6-2,0м
prIII	3	Суглинок легкий, переходящий в супесь, коричневый, желтоватокоричневый, макропористый, просадочный, неяснослоистый, твердой консистенции.	Площадное	2,6-10,4
prIII	4	Суглинок легкий, коричневый, желтовато-коричневый, неяснослоистый, локально просадочный, слабожелезненный, преимущественно тугопластичной консистенции, участками до мягкопластичной.	Локальное, на участках поз.1,3	0,8-7,5м
pdIII-III	5	Суглинок легкий, сероватокоричневый, серый, зеленоватосерый, с гнездами гумуса и ожелезнения, в подошве- часто песчанистый, с включением щебня коренных пород до 5%, тугопластичной консистенции.	Площадное, в подошве лессовидных суглинков	1,1-5,3м
P _{3t}	6	Песок полимиктовый, разнозернистый: от пылеватого до средней крупности, зеленоватосерый, коричневый, табачно-коричневый, глинистый, с тонкими прослойками глины, алеврита, песчаника мощностью 5- 20см, по степени влажности - маловлажный, ниже УПВ - насыщенный водой.	Площадное	5,1- 14,4м
P _{3t}	7	Глина легкая, красновато-коричневая, красная, алевритистая, участками песчанистая, реже мергелистая, по трещинам омарганцованная, преимущественно твердой консистенции.	Линзовидное и пластообразное	вскрытая мощность 0,2-3.0м

Подробное литологическое описание пород представлено в геологилитологических колонках, а условия залегания - на инженерно-геологических разрезах. На рис. 1 приведен характерный инженерно-геологический разрез. Гидрогеологические условия рассматриваемого массива характеризуются сложившимися естественными благоприятными условиями дренирования, чему способствуют достаточные уклоны поверхности для поверхностного стока и прилегающая овражно-балочная сеть. Данный уровень подземных вод (УПВ) на условия строительства и эксплуатации не влияет. На период изысканий (октябрь 2017г) подземные воды установлены на глубине от 16.8м до 22.6м, в интервале отметок 121.1-122.7м. Водоносный горизонт безнапорный. УПВ приурочен к верхнепермским песчаным образованиям P_{2t}. Установившийся уровень соответствует появившемуся. Питание горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, а в будущем, за счет утечек из водонесущих коммуникаций. Разгрузка происходит в целом к северу - в сторону долины р.Волга и Шупашкарка, а также в ближайшие овраги и балки, примыкающие к площадке с северо-запада и юга, и являющиеся правыми притоками

р.Шупашкарка. В будущем, после застройки микрорайона, территория потенциально подтопляемая в результате планируемого гражданского строительства, а также из-за повсеместного применения свайных фундаментов (барражный эффект). Техногенное подтопление будет развиваться в виде отдельных линз и куполов вокруг аварийных утечек из водонесущих коммуникаций. Соответственно инженерно-геологическому строению участка и литологическим особенностям грунтов, а также по данным лабораторных испытаний выделено 7 инженерно- геологических элементов (ИГЭ). - ИГЭ № 1 – техногенный грунт: суглинок полутвердой и тугопластичной консистенции (tIV); - ИГЭ №2 – суглинок тяжелый полутвердый и тугопластичный (dIII-IV); - ИГЭ № 3 – суглинок легкий, переходящий в супесь, лессовидный, твердой консистенции (pr III); - ИГЭ №4 – суглинок легкий, лессовидный, тугопластичный, до мягкопластичного (pr III); - ИГЭ № 5 – суглинок легкий, тугопластичный (pdII-III); - ИГЭ №6 – песок разноразмерный, средней плотности, преимущественно маловлажный, в подошве - до насыщенного водой (P_{3t}); - ИГЭ №7 – глина легкая, алевритистая, с частыми прослойками и линзами (до 0.1м) алеврита, преимущественно твердой консистенции (P_{3t}); С целью уточнения границ выделенных ИГЭ, оценки их пространственной однородности, для получения исходных данных к расчету возможных свайных фундаментов было выполнено статическое зондирование в 9 точках на глубину до 19.5 м. По результатам статического зондирования и графиков удельного сопротивления грунта под конусом зонда (q_3 , МПа) и удельного сопротивления грунта по боковой поверхности зонда (f_s , кПа). Значения удельного сопротивления (q_3), осредненные по выделенным ИГЭ, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Нормативные значения характеристик грунтов по СП 11-105-97.

№№ ИГЭ	Значения q_3 , МПа				Нормативные значения характеристик грунтов по СП 11-105-97		
	Кол-во опр.	от	до	нормативные	E_0 , МПа	c , кПа	ϕ , град
2	91	0,1	2,4	0,9	6	17	19
3	471	0,5	8,8*	3,0**	21	23	21
4	195	0,1	3,0*	0,7**	5	14	16
5	149	0,4	4,1*	1,4	10	19	20
6	338	3,1	19,5*	8,6**	24	-	32
7	167***	1,1	8,3	2,6	18	38	19

Характеристики грунтов, полученные по результатам статического зондирования, соответствуют природному состоянию на период изысканий. Для обоснования оптимального типа заглубленных конструкций использованы забивные сваи С 15.30-10.1 длиной 15 м (но опыты их погружения сваи длиной более 15 м не достигают проектных отметок) и буринъекционные сваи ЭРТ СР-17-30, СР -18 -30 и СР- 20-30. Согласно проведенным геотехническим расчетам в свайном поле запроектированы 644 сваи погружаемые забивкой общим погоняжом 9660,0 п/м (см. рис. 2) или 403 сваи ЭРТ общим погоняжом 7120 п/м (см. рис. 3).

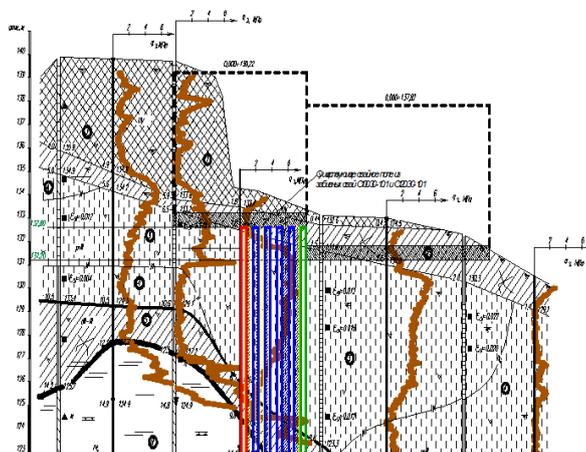


Рисунок 1 Инженерно-геологический разрез с привязкой буринъекционных свай.

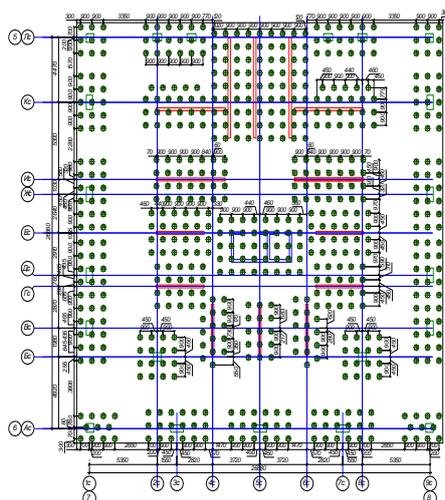


Рисунок 2 Свайное поле из погружаемых забивкой свай С 15.30-10.1

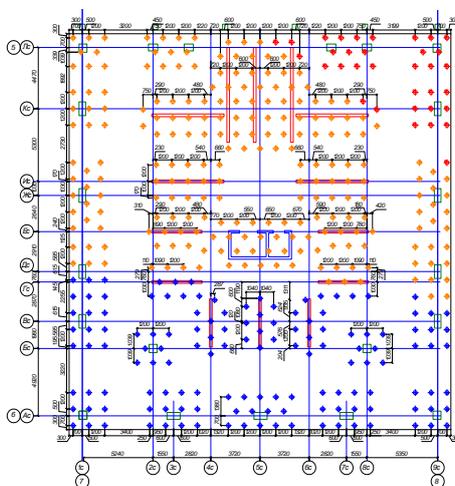


Рисунок 3 Свайное поле из буроньекционных свай ЭРТ

По технико-экономическим показателям стоимость свай ЭРТ оказалась дешевле забивных свай. В первую очередь это связано с тем, что в обоих вариантах присутствуют буровые работы. В первом варианте они необходимы для устройства лидерных скважин для облечения забивки свай, а во втором варианте бурение является обязательным элементом технологического цикла. Поэтому в качестве технически обоснованного варианта и экономически целесообразного варианта принято свайное поле из буроньекционных свай ЭРТ длиной 17,0; 18,0; 20,0 метров. На объекте использован принцип интерактивного проектирования «проект - опытная площадка - реальный проект» [5]. Проведены статические испытания двух буроньекционных свай на вертикальную вдавливающую нагрузку. Подготовка основания перед исследованиями проводилась согласно ГОСТ 5686-2012 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями» по технологии для просадочных грунтов предварительное замачивание грунтов вокруг испытываемых свай. Следует отметить, что для минимизации негативного трения и для увеличения несущей способности свай ЭРТ свая №101 изготовлена с двумя уширениями, а свая №25 с тремя уширениями. В работах [4-15] доказано, что уширения увеличивают несущую способность буроньекционных свай. При этом каждое уширение добавляет приращение в 20-30%.

Работы по испытанию двух свай ЭРТ №№101, 25 статически вдавливающей возрастающей нагрузкой проводились в соответствии с ГОСТ 5686-2012 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями». Ступени нагрузок сообщались сваям гидравлическим домкратом ЦС200 Г160. Регистрация величин нагрузок осуществлялась с помощью образцового манометра в 1000 кгс/см^2 (10^5 кПа) с ценой деления 20 кгс/см^2 (2000 кПа).

Наблюдения за вертикальными перемещениями *буроинъекционных свай-ЭРТ* велись по двум индикаторам часового типа с точностью 0,005 мм до условной стабилизации деформации. За критерий условной стабилизации деформации принимается скорость осадки свай на данной ступени нагружения, не превышающую 0,1 мм за последний час наблюдений. По результатам контрольных испытаний составлены графики зависимости осадки от нагрузки $S=f(P)$ (см. рис. 4а и 4б), графики изменения осадок во времени по отдельным ступеням нагрузок $S=f(t)$, таблицы результатов испытаний. Предельное сопротивление F_u от вертикальной вдавливающей нагрузки принимается нагрузка, равная или менее осадки определенной по формуле: $S=\zeta \cdot S_{u,mt}$, где $S_{u,mt}$ - предельное значение средней осадки фундамента проектируемого здания или сооружения, устанавливаемое по СП 22.3330.2011 "Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83 "Основания зданий и сооружений"; ζ - коэффициент перехода от предельного значения средней осадки фундамента здания или сооружения $S_{u,mt}$ к осадке свай, полученной при статических испытаниях с условной стабилизацией (затуханием) осадки, равный 0,2.

Расчётная нагрузка на сваю определяется по формуле: $N = \frac{F_d}{\gamma_k}$, где γ_k -

коэффициент надёжности, равный 1,2 для статических испытаний свай на вертикальную вдавливающую нагрузку. Ниже в табл. 3 приведены результаты исследований.

Таблица 3

Результаты статических испытаний свай на вертикальную вдавливающую нагрузку.

Испытываемая свая	Наименование	Испытываемая свая №101	Испытываемая свая №25
Грунты, прорезаемые свайей		ИГЭ – 2 Суглинок тяжелый полутвердый тугопластичный; ИГЭ – 3 Суглинок легкий, лессовичный, полутвердой консистенции; ИГЭ – 5 Суглинок легкий, тугопластичный; ИГЭ – 8 Песок пылеватый средней плотности; ИГЭ – 6 Глина легкая алевролитистая.	ИГЭ – 2 Суглинок тяжелый полутвердый тугопластичный; ИГЭ – 3 Суглинок легкий, лессовичный, полутвердой консистенции; ИГЭ – 5 Суглинок легкий, тугопластичный; ИГЭ – 8 Песок пылеватый средней плотности; ИГЭ – 6 Глина легкая алевролитистая.
	Грунты под нижним концом свай	ИГЭ – 7 Алевролит глинистый, твердый.	ИГЭ – 7 Алевролит глинистый, твердый.
Результаты исследований	Макс. нагрузка, кН	1044,0	1450,0
	Осадка при макс. нагрузке, мм	9,640	10,16
	Несущая способность, кН	1044,0	1276,0
	Осадка при несущей способности, мм	9,640	7,29
	Расчетная нагрузка, кН	870,0	1063,0
Проектная испытательная нагрузка, кН		900,0	900,0
Проектная расчетная нагрузка, кН		600,0	600,0
%увеличения несущей способности F_d		45%	77%
Количество уширений вдоль ствола свай		2	3

Заключение:

В рассматриваемых сложных инженерно - геологических условиях при наличии просадочных грунтов первого типа значительной мощности на основании технико - экономического сравнения двух типов заглубленных конструкций наиболее эффективным оказались *буроинъекционные сваи ЭРТ* с местными уширениями.

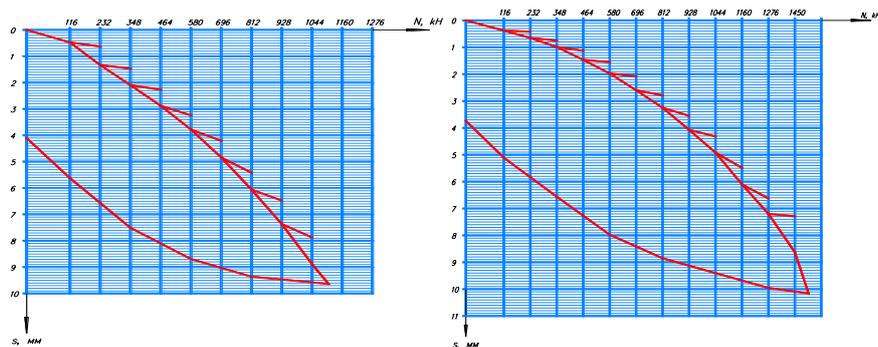


Рисунок 4 Графики зависимости осадки сваи ЭРТ S от нагрузки N : а – свая №101; б – свая №25.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Разводовский Д.Е., Чепурнова А. А. Оценка влияния усиления фундаментов зданий по технологии струйной цементации на их осадку // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 10. С. 64–72.
4. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Мелкозернистый бетон, как конструкционный строительный материал буронабъекционных свай-ЭРТ // Строительные материалы. 2017. № 5. С. 16–20.
5. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). СПб., 2012. 284 с.
6. Sokolov N.S. One of the geotechnical technologies to strengthen the foundation base in constraint environment in the addition of 4 floors. 18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018.
7. Sokolov N.S. Ground Anchor Produced by Electric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure // Key Engineering Materials. 2018, pp. 76–81.
8. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Key Engineering Materials. 2018, pp. 71–74.
9. Sokolov N.S. One of Geotechnological Technologies for Ensuring the Stability of the Boiler of the Pit // Key Engineering Materials. 2018, pp. 57–69.
10. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай // Строительные материалы. 2018. № 5. С. 44–48.
11. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Рябинов В.М. О буронабъекционных сваях с регулируемой несущей способностью по грунту // Жилищное строительство. 2017. № 8. С. 34–38. 12. Соколов Н.С., Никонорова И.В. Строительство и территориальное освоение оползневых склонов Чебоксарского водохранилища // Жилищное строительство. 2017. № 9. С. 13–20.
12. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буронабъекционных свай ЭРТ с множественными уширениями // Жилищное строительство. 2017. № 9. С. 25–29.
13. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления буронабъекционных свай // Жилищное строительство. 2018. № 1–2. С. 62–66.
14. Соколов Н.С., Викторова С.С., Смирнова Г.М., Федосеева И.П. Буронабъекционная свая-ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция // Строительные материалы. 2017. № 9. С. 47–50.

Соколов Н.С.

Выбор технологий усиления слабых оснований

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

doi: 10.18411/trnio-12-2023-831

Аннотация

Одним из главных направлений геотехнического строительства является реконструкция объектов. Такой вид строительства в большинстве случаев связан с необходимостью усиления оснований фундаментов. При этом должен быть соблюден принцип «технической

целесообразности и экономической эффективности» при выборе типа геотехнической технологии. В статье рассмотрено несколько геотехнических технологий усиления оснований. Рассмотрен принцип отбора технически целесообразного и экономически эффективного типа.

Ключевые слова: несущая способность, геотехническая технология, буроинъекционная свая, грунтобетонная свая.

Abstract

The reconstruction of facilities is one of the main areas of geotechnical construction. This type of construction is associated in most cases with a need to reinforce the foundation bases. The principle of "technical feasibility and cost effectiveness" should be observed when selecting the type of geotechnical technology. Several geotechnical technologies for base reinforcement are discussed in this paper. The principle of selection of technically feasible and cost-effective type is considered.

Keywords: bearing capacity, geotechnical technology, bored injection pile, soil-concrete pile.

Реконструкция объектов, как правило, предусматривает увеличение нагрузок на фундаменты и в связи с этим она связана с использованием заглубленных железобетонных конструкций их устройство предполагается выполнить в стесненных условиях [1÷7, 8-19]. В связи с этим из ряда современных геотехнических технологий отбирается наиболее приемлемая к конкретным инженерно - геологическим условиям по критериям технической целесообразности и экономической эффективности. В этой статье для сравнения рассмотрены три наиболее приспособленные к целям реконструкции геотехнические технологии это:

1) технология устройства буроинъекционных свай без уплотнения грунта буровой скважины; 2) электроразрядная технология устройства буроинъекционных свай (ЭРТ технология); 3) технология устройства грунтоцементных свай (Get-технология).

По данным материалов в инженерно-геологическом разрезе участка глубины 55,0 м, выделяются следующие комплексы отложений (в направлении сверху вниз): - современные техногенные отложения (tQIV); - аллювиально-флювиогляциальные отложения 3-й надпойменной террасы р.Москвы (af3QII); - флювиогляциальные отложения (fQIst-d); - отложения верхнего отдела юрской системы (j3); - отложения верхнего отдела каменноугольной системы (C3).

Современные техногенные образования (tQIV) были широко распространены по периметру реконструируемого здания. Залегали с поверхности под асфальтовым покрытием. Они представлены насыпными грунтами: песками серо-коричневыми, средней крупности, прослоями мелкими, неоднородными, глинистыми, влажными, с линзами супесей и опесчаненных суглинков, со строительным мусором (щебень, битый кирпич, шлак) до 20%. Мощность техногенных образований составляла 3,2-5,2 м. Среднечетвертичные аллювиально-флювиогляциальные отложения были вскрыты при изысканиях прошлых лет, при изысканиях в 2004 г. Они отсутствовали – выбраны при открытии котлована реконструируемого здания и замещены насыпными грунтами по его периметру. Отложения были представлены песками серыми, желтовато-серыми, мелкими, с включениями гравия, гальки и щебня, с частыми прослоями суглинков тугопластичных, опесчаненных, влажными, средней плотности.

Нижеперечисленные водно – и озерно-ледниковые отложения сетуньско-донского горизонта (fQIst-d) были вскрыты под техногенными отложениями. Отложения были представлены: - песками серыми, средней крупности, с включением гальки и гравия, водонасыщенными, средней плотности; - супесями коричневатого-серыми, желтовато-серыми, пластичными, прослоями песками пылеватыми. Общая мощность отложений 6,6-9,3 м.

Отложения оксфордского яруса верхнего отдела юрской – системы (J3ox) были вскрыты под водно- и озерно-ледниковыми отложениями сетуньско-донского горизонта на глубине 12,3-14,6 м. Представлены глинами серовато-черными, твердыми, прослоями полутвердыми, слюдистыми, с обломками фауны. Мощность отложений -6,2-10,1 м.

Отложения измайловской пачки касимовского яруса верхнего отдела каменноугольной системы (G3izm) вскрывались под юрскими, глинами на глубине 19,5-23,0 м. Измайловские

отложения были представлены известняками серыми, желтовато-серыми, кавернозными, трещиноватыми, средней прочности, слоями прочными, водоносными, с прослоями пестроцветных, мергелистых глин и мергелей, прослоями доломитизированными. Мощность отложений измайловской пачки достигала 13,3 м.

Результаты исследований физико-механических свойств грунтов приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1
Нормативные и расчетные значения физико-механических свойств грунтов.

Стратиграфический индекс	Номер ИГЭ	Краткая характеристика грунтов	Нормативные характеристики									Расчетные характеристики			Расчетные характеристики		
			Плотность грунта, г/см ³	Плотность частиц, г/см ⁴	Влажность, д.е	Коэффициент пористости, e	Показатель текучести, IL	Угол внутреннего трения, град	Удельное сцепление, МПа	Модуль деформации, МПа	Rсж, МПа	При доверительной вероятности 0,85			При доверительной вероятности 0,95		
												Плотность грунта, г/см ³	Угол внутреннего трения, град	Удельное сцепление, МПа	Плотность грунта, г/см ³	Угол внутреннего трения, град	Удельное сцепление, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
tQIV	1	Техногенный грунт	Расчетное сопротивление R0=150кПа														
fQIst-d	2	Супеси пылеватые, пластичные	2,0 2	2,6 9	0,22 1	0,6 3	0,52	16	0,01 9	17		2,0 1	15	0,01 8	2,0 0	15	0,01 8
	3	Пески средней крупности, водонасыщенные, средней плотности	2,0 0	2,6 5	0,14 7	0,6 5	-	39	0,00 1	28		1,9 8	33	0,00 1	1,9 6	32	0,00
J3ox	4	Глины твердые	1,7 9	2,7 4	0,38 1	1,1 0	0,07 4	-	17	0,06 9	19	1,7 8	16	0,06 7	1,7 8	16	0,06 5
G3iz m	5	Известняк средней прочности, прослоями прочный, с окремнениями	2,3 4	-	0,07 0	-	-	-	-	-	34	2,2 9	-	-	2,2 8	-	-

Расчет несущей способности Fd сваи без уширения производится в соответствии с СП 24.13330.2011 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты».

$$Fd = \gamma_c(\gamma_c R R A + u \sum(\gamma_c f_i h_i)), (1)$$

где γ_c - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1 и 1.3 для электроразрядной технологии; R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа (тс/м²), принимаемое по табл. 7.2 СП 24.13330.2011 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты»; A - площадь опирания сваи на грунт, м; u - наружный периметр поперечного сечения сваи, м; f_i - расчетное сопротивление i-го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа (тс/м²), принимаемое по табл. 7.3 СП 24.13330.2011 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты»; h_i - толщина i-го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м; γ_{cf} , γ_{cR} - коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и по боковой

поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на значения расчетного сопротивления грунта и принимаемые по табл. 7.4 СП 24.13330.2021 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты».

Технология изготовления сваи ЭРТ с множественными уширениями позволяет [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19] значительно повысить несущую способность сваи F_d , которую следует рассчитывать с помощью следующей формулы получаемой после преобразования формулы (1) [10]:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_c R R A + \gamma_c R \sum_{i=1}^n R_{j,бок} A_{j,бок} + \sum_{i=1}^n \gamma_c f_i h_i), \quad (2)$$

где n – количество уширений; $R_{j,бок}$ – расчетное сопротивление грунта под j -м уширением; $A_{j,бок}$ – площадь опирания j -го уширения, рассчитываемая по формуле:

$$A_{j,бок} = \pi (D_c \times k_{yи})^2 / 4 - \pi D_c^2 / 4, \quad (3)$$

Где D_c – диаметр скважины; $k_{yи}$ – коэффициент уширения, принимаемый по табл.2 ТР50-180-06 «Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности» (Москва, 2006).

При устройстве уширения по пять сваи площадь ее опирания составит:

$$A = \pi \times (D_c \times k_{yи})^2 / 4. \quad (4)$$

Таблица 2

Несущая способность заглубленных конструкций.

№ п/п	Тип заглубленной железобетонной конструкции	Диаметр, мм	Несущая способность, F_d , кН	Расчетная нагрузка, кН	Количество свай под усиливаемым фундаментом
1	Буроинъекционная свая без уплотнения стенок скважины	Ø350	896,0	704,0	15,0
2	Буроинъекционная свая ЭРТ	Ø350	1340,0	957,0	11,0
3	Буроинъекционная свая ЭРТ с одним уширением	Ø350	1787,0	1276,0	8,0
4	Буроинъекционная свая ЭРТ с двумя уширениями	Ø350	2022,0	1444,0	7,0
5	Буроинъекционная свая ЭРТ с тремя уширениями	Ø350	2302,0	1644,0	6,0
6	Грунтобетонная свая	Ø600	2157,0	1541,0	7,0
7	Грунтобетонная свая	Ø700	2680	1910,0	5,0

Таблица 3

Технико-экономические показатели заглубленных конструкций

№ п/п	Тип заглубленной железобетонной конструкции	Количество свай, шт	Длина свай, п/м	Общий погонаж, п/м	Стоимость погонного метра сваи, руб.	Общая стоимость, млн. руб.
1	Буроинъекционная свая без уплотнения стенок скважины	15,0	16,0	240,0	4000-6000	9,6-14,4
2	Буроинъекционная свая ЭРТ	11,0	16,0	176,0	4000-6000	7,0-10,6
3	Буроинъекционная свая ЭРТ с одним уширением	8,0	16,0	128,0	4000-6000	5,1-7,7

4	Буроинъекционная свая ЭРТ с двумя уширениями	7,0	16,0	112,0	4000-6000	4,5-6,7
5	Буроинъекционная свая ЭРТ с тремя уширениями	6,0	16,0	96,0	4000-6000	3,8-5,8
6	Грунтобетонная свая	7,0	16,0	112,0	9000-11000	10,1-13,8
7	Грунтобетонная свая	5,0	16,0	90,0	9000-11000	8,1-9,9

В табл. № №2,3 приведены технико-экономические расчеты буровых свай.

Выводы:

1. По результатам технико-экономических расчетов для целей усиления слабого основания перегруженного фундамента наиболее оптимальным является использование буроинъекционных свай ЭРТ с множественными уширениями.
2. Использование грунтобетонных свай (грунтоцементная свая армированная свая ЭРТ) также возможно для усиления оснований фундаментов. При этом ее стоимость оказывается дешевле буроинъекционной сваи без уплотнения грунта стенок скважины.

По результатам определений несущей способности по грунту заглубленных железобетонных конструкций можно предложить следующий алгоритм выбора технически обоснованного и экономически целесообразного типа геотехнической технологии при увеличении нагрузок на фундаменты:

Определяется количество свай усиления под несущей конструкцией (или на 1 пог. метр ленточного фундамента или на столбчатый фундамент, или на фундаментную ж/б плиту);

Определяется стоимость выполнения буровых свай;

Определяются сроки изготовления единицы заглубленной конструкции;

Статическими испытаниями определяется фактическая несущая способность сваи и сопоставляется с расчетными величинами.

Уточняется количество буровых свай на единицу фундамента.

1. Богов, С.Г. Опыт применения струйной технологии для закрепления слабых грунтов при реконструкции здания по ул. Почтамтская в г. Санкт-Петербурге / С.Г. Богов. С. С. Зув // Сборник трудов научно-технической конференции СПбГАСУ. - СПб., 2010. - С. 80-86.
2. Ван Импе, В.Ф. Фундаменты глубокого заложения: тенденции и перспективы развития // Реконструкция городов и геотехническое строительство. № 9. - СПб., 2005. - С. 7-33.
3. Василюк, Л.В. Вибропогружение шпунта вблизи существующих зданий в грунтовых условиях Санкт-Петербурга // Инженерно-геологические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений / Сб. тр. Всероссийской научн. -техн. конф. 1-3 февраля 2017 г. - СПб, 2017. - С. 307-316.
4. Гаврилов, А.Н. Комплекс изыскательских и исследовательских работ для проектирования нового строительства в условиях плотной городской застройки / А.Н. Гаврилов, Е.М. Грязнова, Р.Р. Старков // Основания, фундаменты и механика грунтов. № 6. - М., 2006. - С. 10-13.
5. Гурский, А. В. Учет влияния вдавливания шпунта на дополнительную осадку соседних зданий: канд. дис. СПб., 2016. - 133 с.
6. Далматов, Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учебник для вузов - М.: Стройиздат, 1981. - 319 с.
7. Дьяконов, И.П. Оценка несущей способности буронабивных свай с негабаритным наконечником // Инженерно-геологические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений / Сб. тр. Всероссийской научн. -техн. конф. 1-3 февраля 2017 г. - СПб., 2017. - С. 316-322.
8. Nikolay Sokolov, Sergey Ezhov, Svetlana Ezhova. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem // Journal of applied engineering science. 15 (2017) 4, 482. p. 518–523.
9. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления буроинъекционных свай // Жилищное строительство. 2018. № 1–2. С. 62–66.

10. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай // Строительные материалы. 2018. № 5. С. 44–47.
11. Sokolov N.S. Ground Ancher Produced by Electric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure // // Log in database Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P. 76-81.
12. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P.70-74.
13. Sokolov N.S. One of Geotechnological Technologies for Ensuring the Stability of the Boiler of the Pit // Log in database Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P. 56-69.
14. Sokolov N.S. Regulated injection pile-electric discharge technology with multiple pile enlargements posed as an underground reinforced concrete structure with a controlled load capacity// 18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 601-608. Database Web of Science.
15. Sokolov N.S. One of the geotechnical technologies to strengthen the foundation base in constraint environment in the addition of 4 floors//18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 513-522. База данных Web of Science.
16. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the turches of objects targe-sized foundations and increased loads on them // Log in database Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P.1-11.
17. 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.
18. 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.
19. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с многоступенчатыми уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С. 54.

Соколов Н.С.

Геотехническая практика усиления склона

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

ООО НПФ «ФОРСТ»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-832

Аннотация

Геотехническое строительство является одним из наиболее важных отраслей возведения нулевых частей объектов различного назначения. Имеющийся богатый потенциал геотехнических технологий позволяет успешно выполнять задачи по строительству фундаментов зданий в любых инженерно-геологических условиях и на любой территории, включая склоны, овраги, набережные. Очень часто встречаются случаи возведения объектов на пересеченных территориях с перемеживающимися структурно неустойчивыми грунтами, к тому же дополнительно нагруженных искусственными прислоненными склонами. В геотехнической практике еще наблюдаются случаи строительства на подобных склонах без должного инженерно-технического обеспечения, т.е. без наличия реально проведенных инженерных изысканий, а также разработанных противооползневых мероприятий. В конечном итоге в большинстве случаев пренебрежение общепринятыми нормами приводит к нежелательным последствиям, выражающимся в деформациях построенных зданий. В настоящей статье рассматривается один из таких случаев.

Ключевые слова: Буроинъекционные сваи ЭРТ, грунтовые анкера ЭРТ, электроразрядная технология, инженерно-геологические элементы, монолитный обвязочный железобетонный пояс.

Abstract

Geotechnical construction is among the most important aspects of zero cycle parts erection in construction of facilities for various applications. The existing enormous potential of geotechnical technologies allows us to successfully perform the tasks of building foundations construction in any engineering and geological conditions as well as on any territory, including slopes, gullies and embankments. It is very common to find cases of facilities constructed in rugged areas with

intermittent structurally unstable soils, moreover, additionally loaded with artificial leaning slopes. In geotechnical practice, still there are cases of construction on such slopes without proper engineering and technical support, i.e. without real engineering surveys and developed landslide control measures. Finally, in most cases, disregard for generally accepted norms leads to undesirable consequences consisting in deformation of constructed buildings. The paper considers one of such cases.

Keywords: DPT bored injection piles, DPT ground anchorage, discharge-pulse technology, engineering and geological elements, reinforced concrete girth ring.

Строительство объектов на территориях, не приспособленных для возведения объектов без их предварительной подготовки, приобретает в последнее время немаловажное значение [1-9]. Часто строители пренебрегают понятиями устойчивость, надежность инженерно-геологических условий. При этом планируя строительство на неустойчивых основаниях, особенно на прислоненных склонах, они допускают больше всего ошибок, которые в конечном итоге приводят к существенному удорожанию объекта. Так, например, при возведении объектов на таких строительных площадках необходимо учитывать как надежность склона, так и надежность самой насыпи, на которой будет размещен объект.

В процессе строительства удерживающей подпорной стенки и возведения песчаной полунасыпи с размещением на ней здания операторной и инженерной инфраструктуры АЗС возникли деформации и осадки основания фундаментов зданий операторской и навеса. Для выявления причин деформаций на площадке реконструируемой АЗС № 119 ООО «ГИИЗ» были выполнены работы на объекте: "Контрольные бурения для реконструкции АЗС №119, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. Шевченко, д. 8 "а". Целью изысканий явилось получение инженерно-геологических данных для определения причин деформации полунасыпи с площадкой реконструируемой АЗС, расположенной на оползневом склоне, и разработки рекомендаций по их предупреждению (см. табл.1 ниже).

Необходимо отметить, что в качестве усиления оснований фундаментов зданий операторской и навеса использованы призматические забивные сваи (см. рис. 1, 4, 5). Причем сваи находятся в недоуплотненных насыпных грунтах. Эти сваи вообще не участвуют в усилении основания. Проектировщики допустили грубую ошибку, не заделывая нижние концы свай в надежный инженерно-геологический элемент. Продолжающийся процесс деформаций объектов говорит об этом.

Таблица 1

Последовательность геотехнических мероприятий обеспечения устойчивости склона

<i>№№ п/п</i>	<i>Задачи инженерно-геологических изысканий</i>
<i>1</i>	<i>Сбор и анализ материалов ранее выполненных инженерных изысканий</i>
<i>2</i>	<i>Выявление и картирование местоположения участков распространения опасных инженерно-геологических процессов на территории изысканий</i>
<i>3</i>	<i>Изучение геолого-литологического строения территории изысканий</i>
<i>4</i>	<i>Изучение гидрогеологических условий территории изысканий</i>
<i>5</i>	<i>Изучение физико-механических свойств грунтов лабораторными и полевыми методами</i>
<i>6</i>	<i>Определение наличия специфических грунтов и их характеристик</i>
<i>7</i>	<i>Оценка устойчивости склона для обоснования проектных решений по инженерной защите территории</i>
<i>8</i>	<i>Расчет проектных оползневых давлений для проектирования ПОМ.</i>

На основании проведенных изысканий инженерно-геологическое строение участка до исследованной бурением новых и архивных скважин глубины (40.0 м), представлено коренными породами северодвинского и вятского ярусов верхнепермского отдела (P3s+v) в пределах плато - перекрытых с поверхности насыпными грунтами (tQh), на участке оползневого склона - четвертичными оползневыми отложениями dpQ(prQp); dpQ(P3s+v) и

фрагментами насыпи (tQh), а в пойме – аллювиальными отложениями р. Трусиха (aQh-p) - на месте старого русла спланированных техногенной насыпью (tQh).

По данным лабораторных испытаний с учетом геологического строения и литологических особенностей грунтов и в соответствии с ГОСТами 25100-2016 "Грунты. Классификация" и 20522-2012 "Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний" на исследованных площадках выделены 15 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Ниже в табл. 2 приведены описания инженерно-геологических элементов. По результатам исследований выявлены два ИГЭ - насыпные грунты. Это ИГЭ №1 и ИГЭ №2. Это несележавшие слои - неуплотненные, представленные мелкими песками от рыхлого сложения до средней плотности, также суглинкой с прослоями глины.

Таблица 2

Инженерно-геологические элементы основания.

<i>Инженерно-геологические элементы (ИГЭ)</i>	<i>Наименование инженерно-геологического элемента</i>	<i>Стратиграфические индексы</i>
<i>ИГЭ № 1</i>	<i>Насыпные грунты: пески мелкие, плотные, средней плотности и рыхлые, маловлажные и влажные</i>	<i>(tQh)</i>
<i>ИГЭ № 2</i>	<i>Насыпные грунты: суглинки легкие, пылеватые и тяжелые с прослоями глины, от тугопластичных до твердых</i>	<i>tQh</i>
<i>ИГЭ № 3</i>	<i>Суглинки легкие и пылеватые мягкопластичные</i>	<i>aQh-p</i>
<i>ИГЭ № 4</i>	<i>Пески мелкие, средней плотности и плотные, водонасыщенные</i>	<i>aQh-p</i>
<i>ИГЭ № 5</i>	<i>Гравийно-галечниковые грунты</i>	<i>aQh-p</i>
<i>ИГЭ № 6</i>	<i>Суглинки оползневые, легкие и пылеватые от мягкопластичных до полутвердых</i>	<i>aQh-p</i>
<i>ИГЭ № 7</i>	<i>Мергели оползневые, глинистые и известковые, очень низкой прочности</i>	<i>dpQ(P3s+v)</i>
<i>ИГЭ № 8</i>	<i>Глины оползневые, легкие и пылеватые, твердые и полутвердые</i>	<i>dpQ(P3s+v)</i>
<i>ИГЭ № 9</i>	<i>Пески пылеватые, оползневые, рыхлые, средней плотности и плотные маловлажные и влажные</i>	<i>dpQ(P3s+v)</i>
<i>ИГЭ № 10</i>	<i>Пески пылеватые, оползневые, рыхлые, средней плотности и плотные, водонасыщенные</i>	<i>dpQ(P3s+v)</i>
<i>ИГЭ № 11</i>	<i>Мергели глинистые и известковые, очень низкой прочности</i>	<i>P3s+v</i>
<i>ИГЭ № 12</i>	<i>Глины легкие и пылеватые, твердые и полутвердые</i>	<i>P3s+v</i>
<i>ИГЭ № 13</i>	<i>Пески пылеватые, средней плотности и плотные, маловлажные и влажные</i>	<i>P3s+v</i>
<i>ИГЭ № 14</i>	<i>Пески пылеватые, средней плотности и плотные, водонасыщенные</i>	<i>P3s+v</i>
<i>ИГЭ № 15</i>	<i>Алевриты (суглинки) легкие и пылеватые, твердые</i>	<i>P3s+v</i>

По заявке заказчика ООО НПФ «ФОРСТ» разработал проект противооползневых мероприятий с использованием буроинъекционных свай и грунтовых анкеров, изготавливаемых по электроразрядной технологии - ЭРТ. Грунтовые анкера ЭРТ длиной 20,0 метров под углом 40 градусов на абсолютной отметке 94.6 м разработаны для обеспечения устойчивости существующей подпорной стены, устроенной из буронабивных свай усиления склона. Вследствие отсутствия у этой стены распорных заглубленных конструкций она получила горизонтальные деформации до 20,0см. Устройство анкеров ЭРТ через монолитный железобетонный обвязочный пояс на этой отметке позволило стабилизировать горизонтальные деформации (см. рис. 2 и 3). Результаты геодезических наблюдений об этом свидетельствуют.

Дополнительно была разработана на абсолютной отметке 103,500 ограждающая противооползневая раскрепленная подпорная стена из двух рядов буроинъекционных свай ЭРТ с отметкой нижних концов 86,550 и грунтовых анкеров ЭРТ длиной 20,0м под углом 40,0 градусов (см. рис.2). Сваи ЭРТ по их верхам объединены уголкового монолитной железобетонной подпорной с контрфорсами стеной, через которую пропущены грунтовые анкера ЭРТ. Эти противооползневые железобетонные конструкции служат для обеспечения

геометрии прислоненного откоса. Выполнение противоаварийных мероприятий позволило стабилизировать деформации прислоненного склона доведя их нормативного состояния.

В то же время объекты, построенные на поверхности откоса, вследствие недостаточного закрепленного основания (забивные сваи не заделаны своими нижними концами в надежный слой) продолжают деформироваться. При этом они продолжают деформируются с креном в сторону откоса. Анализируя схемы, приведенные на рис. 1, 4, 5 можно увидеть, что существующие сваи находятся в пределах толщи насыпных грунтов, находящихся в недоуплотненном состоянии. То есть несущая способность по грунту этих свай оказалась нулевой. Таким образом, с учетом этого существующие сваи с негативным трением дополнительно нагружают рассматриваемые объекты [1-8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

С целью стабилизации деформации вышеназванных объектов использованы буроналивные сваи ЭРТ с заделкой нижних концами в несжимаемое надежное основание (поз. 2 на рис. 1, 4, 5). Сваи ЭРТ для объекта навеса устроены через ростверк между существующими сваями. В связи со особой стесненностью выполнения работ по усилению основания фундаментов операторской было принято решение устройство консольной монолитной железобетонной балки, подводимой под подошву существующего ростверка (см. рис. 1 и 4). При этом балки одновременно являлись монолитными железобетонными ростверками над буроналивными сваями ЭРТ. Под все существующие ростверки были подведены эти конструкции, благодаря чему осадки существующих фундаментов здания операторской стабилизировались.

Использование буроналивных свай ЭРТ и грунтовых анкеров ЭРТ в большинстве геотехнических случаях приводит к оптимальному решению возникших проблем. Так и в рассматриваемом случае они сыграли свою решающую роль [1-8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16-31].

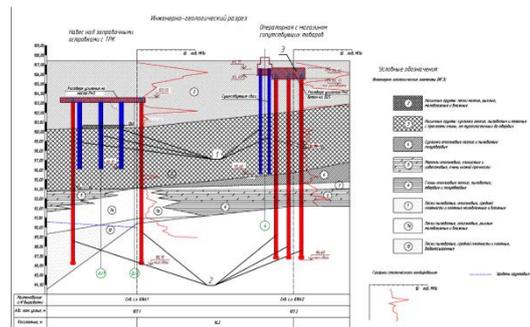


Рисунок 1. Инженерно-геологический разрез: 1 - существующие забивные сваи; 2 –буроналивные сваи ЭРТ; 3 - подводимая монолитная железобетонные консоль-ные балки под существующие железобетонные ростверки

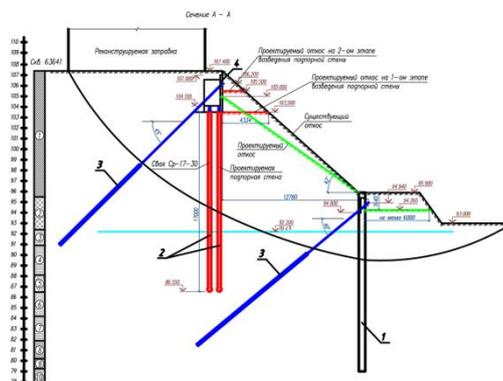


Рис. 2 Поперечное сечение прислоненного откоса с противооползневыми заглубленными железобетонными конструкциями: 1 - существующая подпорная стена из буронабивных свай диаметром 500,0 мм; 2 - буроналивные сваи ЭРТ усиления основания в два ряда; 3 - грунтовые анкера ЭРТ усиления склона; 4 - монолитная уголково- железобетонная подпорная стена.



Рисунок 3 Фотография анкерного крепления деформированного откоса на оползневом склоне на абсолютной отм. 94.60: 1 — грунтовый анкер; 2 — анкерный обвязочный пояс; 3 — уголковые монолитные железобетонные подпорные стены.

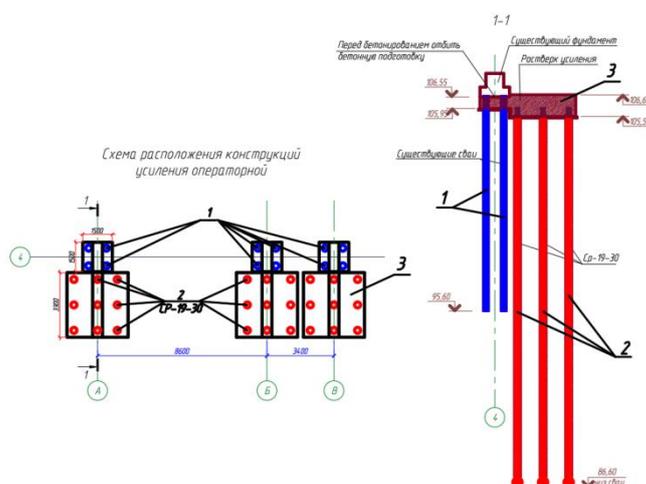


Рисунок 4 Схема усиления основания фундаментов операторной: 1 - существующие забивные сваи; 2 - буронагрейционные сваи ЭРТ; 3 - подводящая монолитная железобетонные консольные балки под существующие железобетонные ростверки.

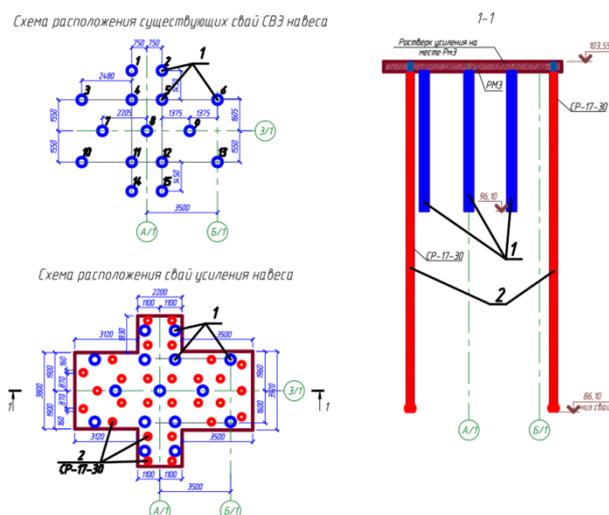


Рис. 5 Схема усиления основания фундаментов навеса: 1 - существующие забивные сваи; 2 - буронагрейционные сваи ЭРТ.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.

2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Ilchev, V. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow / V. A. Ilyichev, P. A. Kononov, N. S. Nikiforova, L. A. Bulgakov // Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3-17. - New York, 2004. - P. 5-24.
4. Ilyichev, V. A. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches / V. A. Ilyichev, N. S. Nikiforova, E. B. Koreneva // Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24-27th September 2007 «Geo-technical Engineering in urban Environments»... Volume 2. - P. 581-585.
5. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros, of the 7th Int. Symp. "Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16-18 May, 2011, 28th IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. Nikiforova, N. S. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23-25 September 2004. – P. 338-342.
7. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
8. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September 2007. Vol. - P. 683-688.
9. Sokolov N.S. Ground Ancher Produced by Electric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P. 76-81.
10. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P.70-74.
11. Sokolov N.S. One of Geotechnological Technologies for Ensuring the Stability of the Boiler of the Pit // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P. 56-69.

Соколов Н.С.

Исследования деформирования оснований фундаментов при повышенных нагрузках

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

doi: 10.18411/trnio-12-2023-833

Аннотация

Безопасность эксплуатации объектов согласно ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» регламентируются величинами вертикальных осадок и кренов. Рассмотренные в настоящей статье объекты относятся к сооружениям первого класса ответственности. В результате воздействия на их коробчатые фундаменты повышенных нагрузок достигающих значений средних давлений до $P_{\text{пмт}} = 680$ кПа они получили осадки и крены превышающие предельно допустимые величины. При этом направление кренов во время возведения объектов меняется от 0 до 360°. Благодаря своевременно принятым техническим и технологическим приемам во время их возведений они эксплуатируются надежно.

Ключевые слова: неравномерная осадка, крен, вертикальные осадки, прогноз деформаций оснований.

Abstract

Facility operation safety standards according to GOST 27751-2014 "Reliability for constructions and foundations. General principles" are governed by the values of vertical settlement and lurch. The facilities considered in this article belong to the first class of responsibility. The increased loads on their pile box foundations reaching the values of average pressures up to $P_{\text{pmt}} = 680$ KPa result in settlements and lurches exceeding the maximum tolerances. The direction of the lurches during the facilities erection varies from 0 to 360°. The facilities are operated reliably by virtue of timely technical and technological measures taken during their construction.

Keywords: differential settlement, lurch, vertical settlements, estimates of foundation deformation.

В настоящей статье рассматриваются основные результаты натурных исследований осадок и кренов промышленных объектов №№1÷5.

Инженерно-геологические разрезы и физико-механические характеристики грунтов оснований объектов приведены на рис. 1 и 2 и табл. 1 [1].

Объекты №№1, 2 представляют собой круглые жесткие сооружения высотой 70 м и имеют диаметр 48,8 м. Фундаменты их заложены на глубину 4,2 м от уровня планировки, а среднее давление на основание составляет $P_{\text{Пмт}} = 680 \text{ кПа}$ [2÷5].

Для исследования закономерностей деформирования оснований коробчатых фундаментов объектов №№1÷5 были организованы высокоточные геодезические наблюдения 2-го класса точности с помощью нивелиров и штриховых инварных реек.

Наблюдения за осадками стенных осадочных марок объекта №1 начались в апреле 1977 г. после возведения нижней плиты коробчатого фундамента.

По результатам измерений вертикальных перемещений осадочных марок объекта №1 построены графики средней и неравномерной минимальной и максимальной осадок с ростом среднего давления на основание (рис. 1).

Так средняя осадка фундамента за строительный период с апреля 1977 г. по июль 1984 г. составила $S=211,6 \text{ мм}$, а значение неравномерной осадки – $S=134,7 \text{ мм}$, при этом направление крена $\alpha=350^\circ$ (рис. 2). с июня 1980 г. по май 1982 г. приращение осадки составило $\Delta S=58 \text{ мм}$, достигнув величины $\Delta S = 111 \text{ мм}$. За этот период значительно возрос крен сооружения в сторону пристроя и достиг 82 мм. При этом вес сооружения составил 70 % проектной нагрузки.

Наиболее интенсивно протекала осадка фундамента за период с мая 1982 г. по июль 1983 г. (конец строительства объекта). За это время средняя осадка выросла на $\Delta S = 99 \text{ мм}$, а неравномерная осадка – на $\Delta S = 53 \text{ мм}$. После окончания монтажа строительных конструкций и оборудования резко уменьшились скорости осадок и крена.

Для стабилизации роста неравномерной осадки фундамента объекта №1 в ноябре-декабре 1983 г. был уложен срочный пригруз весом 5780 кН на консоль фундамента с противоположной стороны от направления крена (см. рис. 2). Для ускорения процесса стабилизации крена дополнительно уложены регулируемые пригрузки в секторах А и Б по обе стороны от оси 2 весом около 30000 кН. После этих мероприятий рост крена был приостановлен. В стабилизированном состоянии величина неравномерной осадки составила 148 мм, а ее направление $\alpha=348^\circ$.

Объект №2 также построен на естественном основании. Возведение сооружения имеет некоторые особенности по сравнению с объектом №1. Во-первых, практически за все время строительства объекта №1 проводилось глубинное водопонижение в котловане блочнонасосной станции (БНС-1). Понижение уровня подземных вод (УПВ) в котловане блочнонасосной станции (БНС-2) началось с 80 % проектной нагрузки на фундамент объекта №2. Во-вторых, строительство объекта №2 велось почти в 2 раза быстрее по сравнению с объектом №1.

Высокоточные геодезические наблюдения за осадками стенных осадочных марок начались после бетонирования нижней монолитной железобетонной плиты коробчатого фундамента в конце 1982 г.

На основании исследований результатов осадок и крена фундаментов построены графики средней и неравномерной осадок с ростом среднего давления на основание (рис. 3)

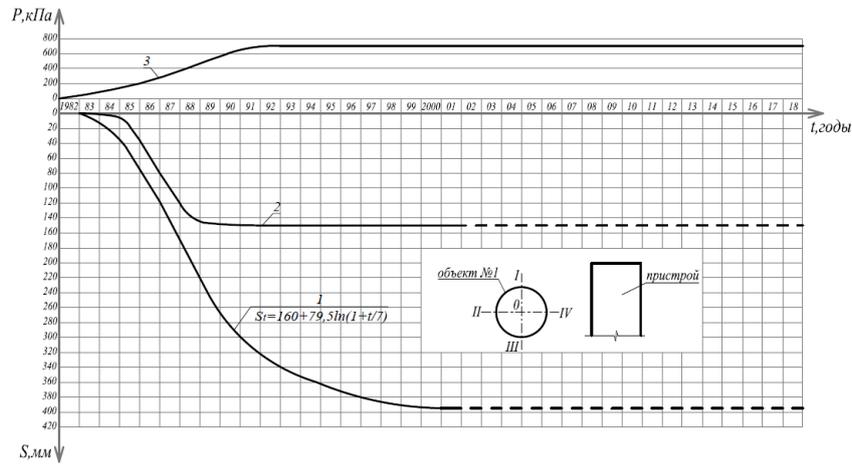


Рисунок 1 Объект №1. Графики: 1 – средней осадки; 2 –крена; 3 – роста среднего давления на основание.

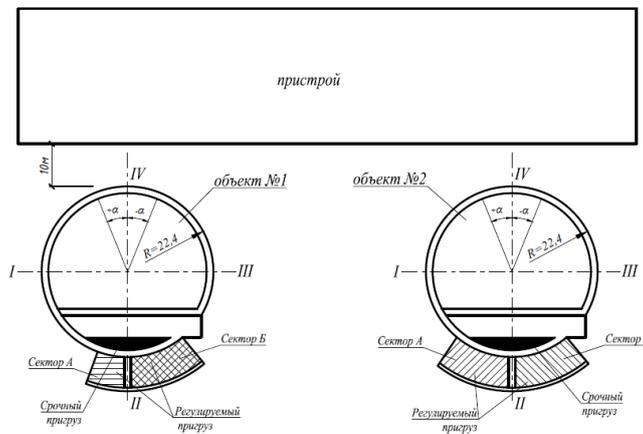


Рисунок 2. Объекты №№1,2. а - схемы устройства пригрузов для регулирования кренов; б – схематичный план взаимного расположения фундаментов объектов №№1 и 2

Средняя и неравномерная осадка фундамента объекта №2 за время строительства составили соответственно 171,3 и 101,8 мм. Средняя осадка в этот период протекала со скоростью 0,164 мм/сут, а скорость неравномерной осадки равнялась 0,10 мм/сут. В период наибольшей интенсивности наращивания нагрузок на основание с сентября 1984 г. по декабрь 1984 г. скорость средней осадки составила 0,12 мм/сут, а интенсивность приложения внешней нагрузки в указанный период составила 55000 кН/мес.

Скорости протекания средней и неравномерной осадок до и во время водопонижения в котловане БНС-2 существенно отличаются между собой. Так, например, скорости средней и неравномерной осадок до водопонижения составили соответственно 0,278 и 0,256 мм/сут, а во время водопонижения эти величины равнялись 0,429 и 0,280 мм/сут.

Для уменьшения скорости нарастания крена были устроены срочный весом 5800 кН и регулируемый весом 51000 кН пригрузы в секторах А и Б (рис. 2), благодаря чему рост крена был приостановлен.

В настоящее время осадки фундаментов объектов №№1, 2 безаварийно эксплуатируются.

Анализируя графики средней и неравномерных осадок на рис. 1 и 3 следует отметить, что на кривых отчетливо выделяются два участка линейный и нелинейный. Линейный участок переходит в нелинейный при среднем давлении на основание 250-300 кПа. С момента, соответствующего началу нелинейной зависимости графика осадки, нарастание крена тоже приобретает нелинейный характер, т.е. скорости роста крена увеличиваются. Направление крена остается неизменным для обоих объектов (см. рис. 4,5).

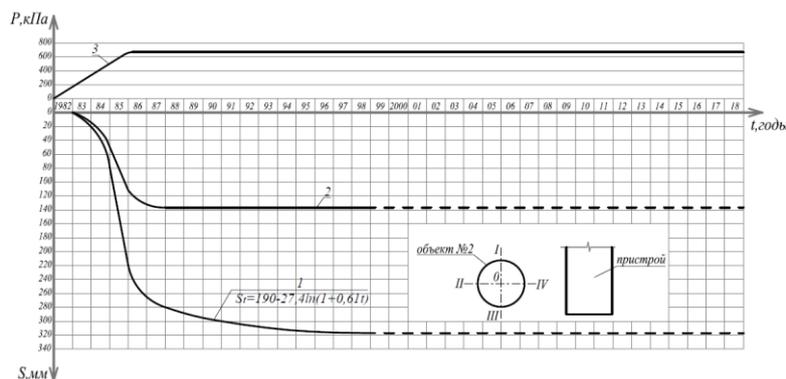


Рисунок 3 Объект №2. Графики: 1 – средней осадки фундамента; 2 – крена; 3 – роста среднего давления под подошвой фундамента $P_{\text{шт}}$

Объекты №№ 3, 4, 5 сооружены на коробчатых фундаментах с размерами в плане 68,2×68,2 м на искусственном основании из доломитизированного известняка толщиной 4 м. Фундаменты объектов заложены на глубину 6,7 м от уровня планировочной отметки. Среднее давление на основание составляет $P_{\text{шт}} = 520$ кПа [6, 7, 8].

Наблюдение за осадками 15 ственных осадочных марок начались после бетонирования нижней монолитной плиты фундамента в начале 1981 г.

По результатам длительных геодезических наблюдений за осадками фундаментов построены графики минимальной, средней, максимальной и неравномерной осадок объектов с ростом среднего давления на основание, которые показаны на рис. 6, 7, 8 Кроме того на рис. 9, 10, 11 приведены графики изменения величины и направления кренов объектов №№3, 4, 5 с ростом среднего давления на основание.

Средняя и неравномерная осадки фундамента объекта №3 за время строительства с марта 1981 г. по ноябрь 1985 г. составили 280 и 57 мм, конечные стабилизированные осадки – 390 и 58 мм соответственно. За строительный период произошло 75 % средней конечной осадки.

Осадки фундамента объекта №4 протекают более интенсивно по сравнению с объектом №1. Средняя и неравномерная осадки за время строительства с февраля 1983 г. по ноябрь 1986 г. составили 400 и 52 мм, а в стабилизированном состоянии – 440 и 54 мм соответственно.

К настоящему времени строительство объекта №5 завершено. Среднее давление на основание составляет $P_{\text{шт}} = 520$ кПа. Характерной особенностью деформации основания объекта №5 является значительная по сравнению с объектами №№3, 4 величина неравномерной осадки, составляющей 75 мм, т.е. крен равен 0,0011.

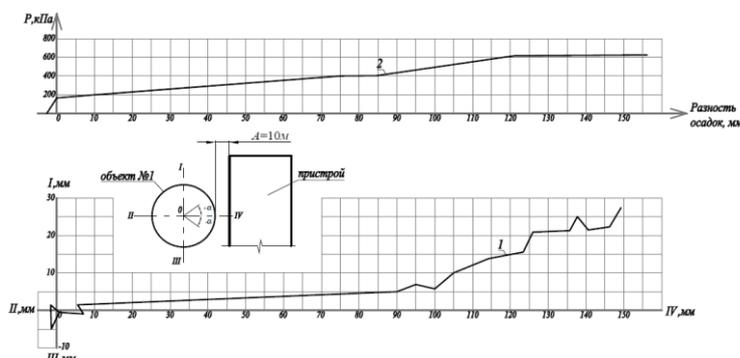


Рисунок 4. Объект №1. График нарастания неравномерной осадки 1 с ростом среднего давления 2 на основание

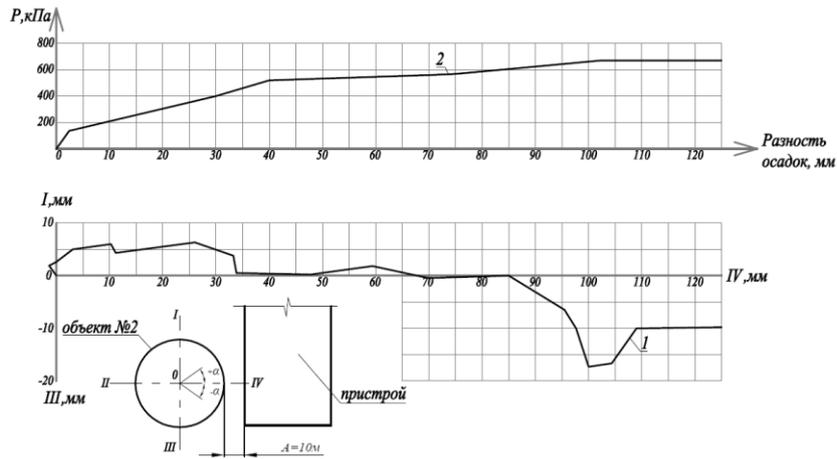


Рисунок 5. Объект №2. График нарастания неравномерной осадки 1 с ростом среднего давления 2 на основании

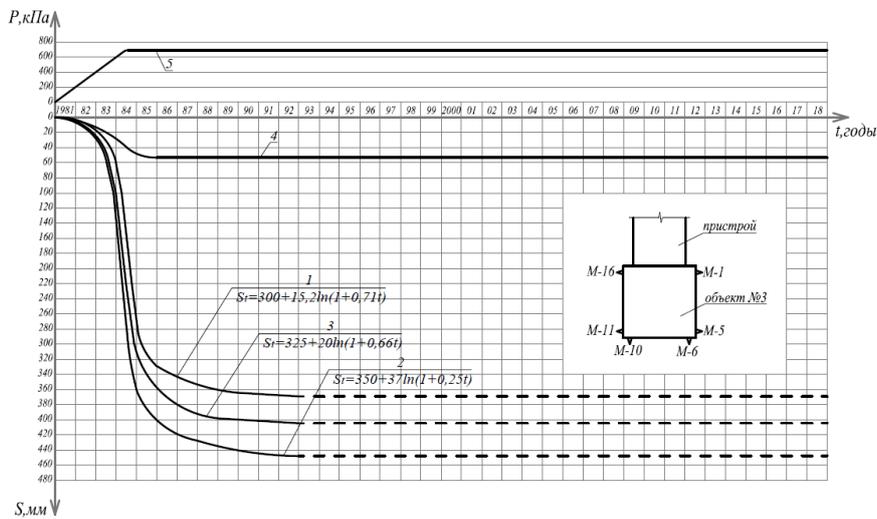


Рисунок 6. Объект №3. Графики осадок фундамента во времени: 1 – минимальной; 2 – максимальной; 3 – средней; 4 – крена; 5 – роста среднего давления $P \Pi m t$

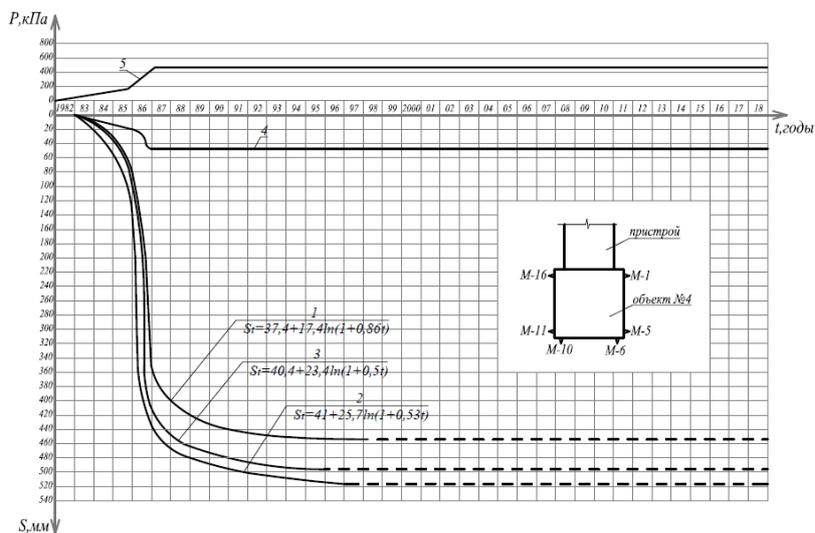


Рисунок 7. Объект №4. Графики осадок фундамента во времени: 1 – минимальной; 2 – максимальной; 3 – средней; 4 – крена; 5 – роста среднего давления $P \Pi m t$

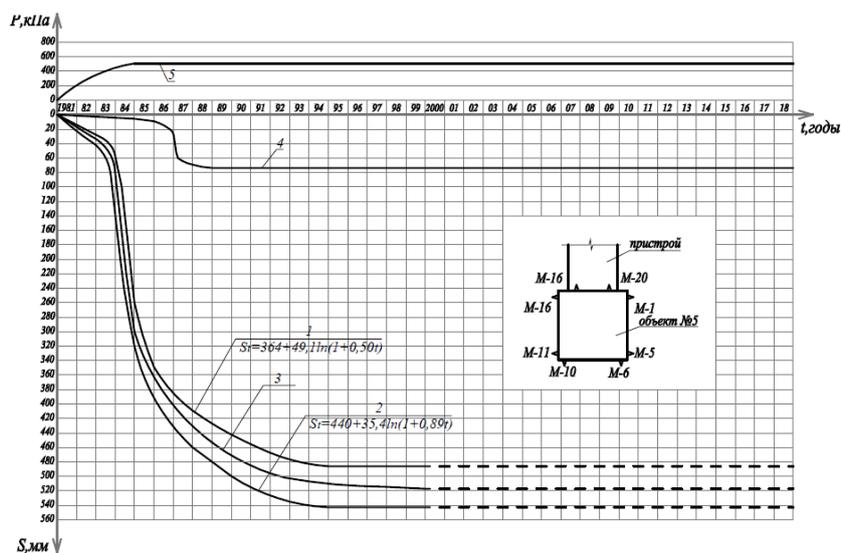


Рисунок 8. Объект №5. Графики изменения осадок фундамента во времени: 1 – минимальной; 2 – максимальной; 3 – средней; 4 – крена; 5 – средней осадки ПИт

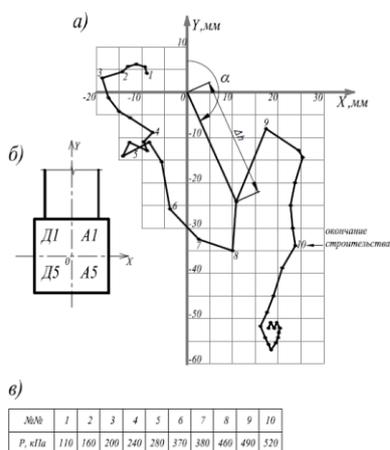


Рисунок 9. Объект №3. а - график изменения величины и направления неравномерной осадки; б – схема разбивки фундамента на квадраты; в – таблица роста среднего давления на основание

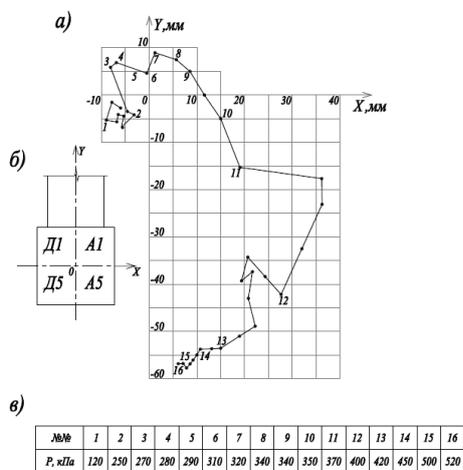


Рисунок 10. Объект №4. а - график изменения величины и направления неравномерной осадки; б – схема разбивки фундамента на квадраты; в – таблица роста среднего давления на основание

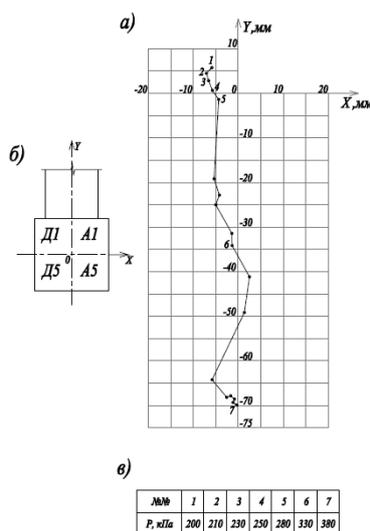


Рисунок 11. Объект №5. а - график изменения величины и направления неравномерной осадки; б – схема разбивки фундамента на квадраты; в – таблица роста среднего давления на основание

Для анализа изменения величины и направления крена с ростом среднего давления на основание построены графики, показанные на рис. 9, 10, 11. Кривые построены в прямоугольной системе координат с началом, совпадающим с геометрическим центром фундаментной плиты в плане. Цифры на рисунках указывают на циклы наблюдений, соответствующей определенной нагрузке на основание. В каждом цикле наблюдений величина и направление крена определяется радиусом вектором Δh и углом α , отсчитываемом от положительной оси ОУ.

Анализ осадок и кренов объектов №№3, 4, 5 (рис. 6, 7, 8) показывает, что также на графиках отчетливо выделяются два участка: линейный и нелинейный. Линейный участок переходит в нелинейный при среднем давлении на основание $P=250-300$ кПа. Крен фундаментов появляется еще при небольших нагрузках и его величина очень незначительна. С момента, соответствующего переходу графика осадок в нелинейный участок кривая крена тоже меняет линейность, т.е. скорости крена возрастают. С этого же момента меняется направление крена (рис. 9, 10, 11) от прибора в противоположную сторону. Изменение направления крена не наблюдается для фундаментов объектов №№1,2.

Следует отметить, что фундаменты вышерассмотренных сооружений являются объектами мелко заложения. В случае использования заглубленных железобетонных конструкций, например свай ЭРТ [9, 10, 11, 12] существенно уменьшились бы осадки.

Выводы:

Изменения направления крена объясняются процессом образования уплотненной зоны под подошвой фундамента в основании при среднем давлении $P_{\text{фнт}} = 250 \div 300$ кПа. При внешних нагрузках свыше этих давлений существенную роль начинает играть компонента горизонтальных перемещений, увеличивая приращение вертикальных деформаций.

В результате формирования уплотненная зона распирает грунт основания, увеличивая вертикальные и неравномерные деформации фундаментов.

1. Соколов Н.С. Прогноз осадок больших размеров фундаментов при повышенных давлениях на основания // Жилищное строительство. 2017 № 12 с.
2. Егоров К.Е., Соколов Н.С. Закономерности деформации основания фундаментов, имеющих большую площадь. - Сборник трудов Всесоюзного совещания по фундаментостроению "Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении". Стройиздат, М., 1987. 5 с.
3. Егоров К.Е., Соколов Н.С. Особенности деформаций оснований фундаментов, имеющих большую площадь. // Сборник трудов IV Всесоюзного совещания по фундаментостроению. Т.2. Стройиздат, 1987. 4 с.
4. Егоров К.Е., Соколов Н.С. Особенности деформаций оснований реакторных отделений АЭС. - Основания, фундаменты и механика грунтов, №4, 1985. С. 14-17. 4 с.

5. Соколов Н.С, Ушков С.М. Особенности расчета осадок большегабаритных фундаментов при повышенном давлении на грунты. // Материалы научно-технической конференции "Геотехника Поволжья - IV". 4.2. "Основания и фундаменты". - Саратов , 1989. 3 с.
6. Соколов Н.С. Совместная работа оснований и фундаментов РО АЭС. // Труды ВНИИОСП им. И.М. Герсеванова. 1988, № 87. 5 с.
7. Соколов Н.С. Деформация основания круглого фундамента на конечном сжимаемом слое. - Труды НИИОСП, вып. 86, 1987. 6 с.
8. Соколов Н.С, Ушков С.М. Расчетное сопротивление грунтов в основании большегабаритных фундаментов при повышенном давлении. В сб.: Строительные конструкции. - Чебоксары, 1992. 3 с.
9. 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.
10. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка устройства для изготовления буроналивных свай ЭРТ. Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2017. 12. С. 37-42.
11. 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.
12. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай. Строительные материалы. 2013. №5. С. 44-47.

Соколов Н.С.

Свая-эрт как заглубленная строительная конструкция

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

doi: 10.18411/trnio-12-2023-834

Аннотация

Буроналивная свая изготовленная по разрядно-импульсной технологии (свая-ЭРТ) обладает рядом конкурентных преимуществ по сравнению с буроналивными сваями изготавливаемыми по традиционным технологиям. Это: 1) Повышенные значения прочности мелкозернистого бетона превышающие на 40-60 %. 2) Повышенные значения несущей способности по грунту в 1,5÷3,0 раза. 3) Повышенные значения несущей способности по прочности поперечного сечения в 1,5 раза и более. 4) Рост значений несущей способности, как по грунту, так и по телу во времени по сравнению с проектными значениями. Кроме того электрогидравлическая обработка мелкозернистого бетона повышает его водонепроницаемость.

Ключевые слова: Буроналивные сваи-ЭРТ, прочность поперечного сечения, несущая способность, рабочая арматура, многоместные уширения.

Abstract

A bored injection pile manufactured with discharge-pulse technology (DPT pile) has a number of competitive advantages in comparison with bored injection piles manufactured with traditional technologies. The advantages are as follows: 1. Increased strength values of fine-grained concrete by 40-60%. 2. Increased values of soil dynamic capacity by 1.5÷3.0 times. 3. Increased values of bearing capacity in terms of cross-sectional strength by 1.5 times or more. 4. Increasing of soil dynamic capacity and body bearing capacity values in time compared to the design values. In addition, electrohydraulic treatment of fine-grained concrete improves its water resistance.

Keywords: DPT bored injection piles, cross-sectional strength, bearing capacity, main reinforcement, multiple extensions.

Современные геотехнические технологии [1, 2] позволяют изготавливать буроналивные сваи с повышенными значениями несущей способности. Разрядно-импульсная технология устройства свай (сваи-ЭРТ) является наиболее приспособленной для достижения этих целей.

Наиболее интересным представляется устройство свай-ЭРТ с многоместными уширениями [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. Благодаря устройству уширений вдоль ствола сваи и под ее пятой создается возможность устройства заглубленной железобетонной конструкции с возможностью регулирования несущей способности, как по грунту, так и по телу.

Технология устройства свай с многоместными уширениями известна с 60-х годов прошлого века. Опыт использования таких свай есть в Индии ФРГ, Великобритании, Японии, СССР, России. Конструкция такой сваи представляет собой буровую сваю с уширением на пяте. Кроме того в зависимости от типа инженерно-геологических условий и требуемой несущей способности сваи выше пяты вдоль ствола устраиваются дополнительные уширения [4, 5, 7].

Свая с многоместными уширениями работает как железобетонная заглубленная конструкция имеющая количество опор соответствующих числу уширений. На начальном этапе нагружения в работу вступает верхнее уширение. По мере увеличения нагрузки постепенно включаются нижележащие уширения, при этом каждое уширение выполняет функцию дополнительной опоры.

Практика изготовления таких свай показала их высокую эффективность. Несущая способность свай по грунту с одним уширением в 2,0 - 2,5 раза, а с двумя - в 3,0 - 3,5 раза выше, чем у свай, выполненных без уширений [4, 5, 7, 8, 9, 10, 11].

Достоинствами буроинъекционных свай-ЭРТ с многоместными уширениями являются: 1) простота выполнения (добавляется одна легковыполняемая операция); 2) возможность точного определения места устройства уширения (определяются по уходу мелкозернистой бетонной смеси); 3) возможность устройства необходимого количества уширений по расчету несущей способности вдоль длины сваи; 4) минимизация технологических осадок; 5) максимальная по сравнению с любыми другими технологиями устройства буровых свай усиления несущая способность сваи, как по грунту, так и по материалу.

Расчет несущей способности свай-ЭРТ с многоместными уширениями пяте аналогичен расчету буровых свай по формуле 7.11 «СП 24.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты», при этом диаметр уширения определяется согласно таб.2.3 «ТР 50-180-06. Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности Москва 2006», а величина минимально допустимого интервала между уширениями составляет 3,5 диаметра уширения. Для слоистого напластования оснований устройство уширений наиболее предпочтительны на контактных поверхностях инженерно-геологических элементов.

При конструировании вновь сооружаемых фундаментов из свай-ЭРТ следует руководствоваться правилами и требованиями, предъявляемыми к конструированию фундаментов из буровых и набивных свай и изложенными в СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты» и СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов», а также актуализированной редакции СП 24.13330.2011. «Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты».

Армирование микросвай производится из расчета несущей способности поперечного сечения сваи (по формуле 2.7 [6] и 14.6 «ТР 50-180-06. Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности Москва 2006»). В качестве расчетной арматуры используются одиночные стержни, сварные каркасы, жесткая арматура в виде проката из черных металлов или стальные трубы.

Арматура сваи может быть как однородной на всю длину, так и комбинированной (например, труба или прокат в зоне действия изгибающего момента и каркас на всю остальную длину).

Она должна иметь фиксирующие элементы, центрирующие ее в скважине и обеспечивающие требуемую толщину защитного слоя бетона. Фиксирующие элементы

могут выполняться из металла или пластика и крепиться с трех или четырех сторон арматурного стержня или каркаса на расстоянии 8-10 диаметров скважины друг от друга.

В качестве продольной арматуры свай-ЭРТ используется горячекатаная арматурная сталь класса АIII и АIV диаметром от 12 мм до 40 мм включительно. Продольная арматура располагается равномерно по контуру сваи с расстоянием в свету между отдельными стержнями не менее диаметра стержнями и не менее 50 мм. Общая площадь сечения продольной арматуры должна составлять не менее 0,5 % и не более 10 % от площади сечения бетона, в том числе в зоне стыкования секций.

В грунтовых условиях, исключающих потерю продольной устойчивости ствола сваи, рекомендуется выполнять центральное армирование. Оно выполняется из отдельного стержня, пучка стержней, трубы, прокатного или сварного профиля или их сочетаний, например трубой, усиленной по периметру арматурными стержнями или проволокой.

Поперечная арматура арматурных каркасов свай-ЭРТ изготавливается в виде спиралей или круглых вязаных или сварных хомутов из арматуры класса В-500 диаметром не менее 5 мм или класса А-240 диаметром 6-10 мм с шагом не более 10 диаметров стержней продольной арматуры и не более 150 мм.

При установке поперечной арматуры, требуемой по расчету на действие поперечных сил, шаг хомутов принимается не более 1/2 диаметра сваи.

Зона стыкования секций армокаркасов дополнительно усиливается спиральной арматурой с шагом не более 100 мм. Диаметр поперечной арматуры в вязаных каркасах принимается не менее 1/4 диаметра стержней продольной арматуры, а в сварных каркасах устанавливается из условия сварки сваи [6].

Арматурные каркасы изготавливают, как правило, в заводских условиях на приводных станках контактной сваркой.

Допускается использование электродуговой сварки для случая использования поперечной арматуры класса А-240 диаметром более 10 мм.

Соединение арматурных каркасов по длине сваи осуществляется стыковкой отдельных секций с помощью вязальной проволоки или с помощью сварных стыков. Сварные стыки должны обеспечивать равнопрочность арматуры и удобство производства работ по инъецированию бетонной смеси. Сварное соединение арматурных каркасов рекомендуется выполнять с помощью стыковочного трубчатого элемента, к которому дуговыми фланговыми швами привариваются стыкуемые арматурные стержни (нахлесточное сварное соединение).

Сжатые одиночные стержни и каркасы рекомендуется соединять запрессовкой несварным стыком, обеспечивающим расчетное сопротивление на сжатие. Допускаются неравнопрочные стыки, например шарнирные.

Толщина защитного слоя арматурного каркаса микросвай должна быть не менее 80 мм. Допускается уменьшение толщины защитного слоя до 20 мм в случае применения специальных мероприятий (защитные антикоррозийные покрытия арматуры, защита арматурного каркаса рукавом из полимерной ткани или специальной гофрированной полимерной трубкой и т.д.)

На рис. 1 приведен пример армирования буроинъекционной сваи-ЭРТ СР-15-30 длиной 15 м и диаметром 30 см с двумя уширениями вдоль ствола и уширением по пяте. Диаметры уширений составляют: верхнее – 415 мм; нижнее – 395 мм, а по пяте – 410 мм. Продольное армирование запроектировано из пространственных каркасов КП-1 и КП-2. Соединение каркасов состоящих из 6 стержней Ø 18 А 500 производится вязальной проволокой с нахлестом не менее 40 диаметров – 800 мм (узел 1 на рис. 1). Возможен вариант сварного соединения. При этом размер нахлеста составляет не менее 20 диаметров – 400 мм. Для создания защитного слоя бетона использована стальная полоса (фиксатор каркаса - узел 3 на рис.1) шириной $b=20$ мм и толщиной $t=4.0$ мм.

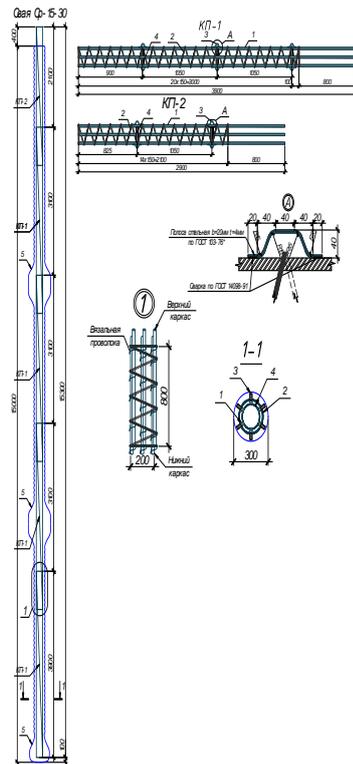


Рисунок 1. Пример схемы армирования буроналивной сваи-ЭРТ СР-15-30 (15 – длина сваи в м., 30 – диаметр в см.). 1 - продольная арматура класса А500с; 2 – поперечная арматура класса А240; 3 – фиксатор каркаса сваи (из стальной пластины $b=20\text{мм}$, $t=4\text{мм}$); 4 - труба $d159\text{мм}$ обеспечивает жесткость каркаса при транспортировке и складировании; 5 – уширения вдоль ствола и пяты сваи.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17-20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Патент на изобретение. Полезная модель. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте. // Бюллетень федеральной службы по интеллектуальной собственности. 2016.
4. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буроналивных свай с многоместными уширениями // Геотехника. №3. 2016. Стр. 60÷66.
5. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Технология устройства буроналивных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. № 9. 2016. Стр. 11-14.
6. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А. Расчет и проектирование буроналивных свай-ЭРТ (ФОРСТ, ЭРСТ) // Учеб. пособие. - 2016. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета.
7. Соколов Н.С. Определение несущей способности буроналивных свай – РИТ со сформированными подпятниками // Материалы 7-й Всероссийской (1-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2012) - 2012. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета. С. 289-292.
8. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроналивных свай-ЭРТ. // «ОФимГ». – 2015. – №1. С. 10-13.
9. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
10. Sokolov N.S. Pushkarev A.E., Evtukov 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.
11. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроналивных свай ЭРТ с многоместными уширениями. Жилищное строительство. 2017. №9. С. 25-28.

Dushneva N.A., Dmitrienko N.A.

Dependence of heat transfer resistance and air permeability resistance characteristics

*Institute of Service and Business (branch) of DSTU in Shakhty
(Russia, Shakhty)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-835

Abstract

The article is devoted to the analysis of the most popular designs of wall enclosure structures. Calculation of heat transfer resistance and air permeability of wall enclosure structures is carried out. The dependence of these characteristics is revealed. The most optimal design in terms of thermal characteristics and construction expenses were selected.

Keywords: thermal characteristics, enclosing structures, heating costs, heat transfer resistance, air permeability resistance.

Аннотация

Статья посвящена анализу наиболее популярных конструкций стенового ограждения. Был произведен расчет сопротивления теплопередаче и сопротивления воздухопроницанию ограждающих конструкций. Выявлена зависимость данных характеристик. Выбрана наиболее оптимальная конструкция по тепловым характеристикам и затратам на строительство.

Ключевые слова: тепловые характеристики, ограждающие конструкции, затраты на отопление, сопротивление теплопередаче, сопротивление воздухопроницанию.

Introduction

Many studies were carried out in order to investigate the heat transfer in building materials under modern conditions. Experimental data are available in literature, and were further used to develop numerical models to predict the heat transfer in different building structures and assemblies.

Heat saving has recently become a very important goal in the world community. In different Western countries, various strategies and enclosure structures are being developed, laws are being issued, regulatory documentation is being developed, and scientific activity is being carried out to save heat. The review of literature sources showed that research in the field of using wall enclosing structures including heat-insulating material volume effect, is insufficient. The solution of which will make it possible to fully assess the issue of heat saving in the design and construction of buildings, which is a very urgent task. It is necessary to analyze the temperature fields of the proposed enclosure structure taking into account the volume of the thermal insulation and thermal resistance.

Currently, when choosing a wall enclosure design, the greatest attention is paid to the volume of the thermal insulation and thermal resistance heat transfer resistance. The higher this characteristic, the less heat loss and, accordingly, less heating costs. At the same time SP 50.13330.2012 "Thermal protection of buildings" contains a number of other requirements: specific thermal protection characteristic, amplitude of temperature fluctuations, thermal inertia, and resistance to air penetration.

The focus on the resistance to air permeability is known to be the ability of the material to counteract the filtration of air through it. The greater the resistance to air permeability of the enclosing structure, the less cold air from outside gets inside the building, the more heat is retained in the room and the less resource and financial costs a comfortable temperature in the building is maintained.

When designing the heat protection, the calculation of this parameter must be carried out, since it does not depend on the value of the heat transfer resistance. Therefore, the two structures may have the same heat transfer resistance but different air permeability resistance. Because of this, with the same other characteristics of the premises, heating costs can vary significantly. Therefore, during the design, it is necessary to determine the compliance of the heat transfer coefficient with the requirements and calculate the air permeability.

The purpose of the research was to determine the dependence of heat transfer resistance and air permeability resistance. It was also necessary to determine which of the most popular designs would have greater thermal protection and be economically profitable.

In our study, we selected the most popular wall structures. The analysis was carried out on the Internet and YouTube using the Google search engine, as this is the place where self-builders find design ideas. There were the most popular 25 videos and 25 websites, containing the description of wall structures, some of them are taken into account in this paper. For greater clarity, Figure 1 shows a histogram of the most popular wall structures in accordance to their popularity.

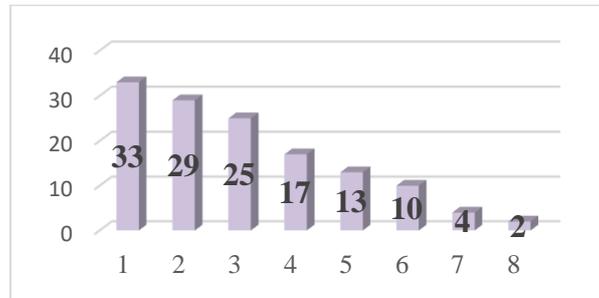


Figure 1. The number of mentions of the wall design:

- 1) Gas block, mineral wool slabs, siding;
- 2) Foam block, expanded polystyrene, ceramic brick;
- 3) Ceramic brick, mineral wool slabs, decorative finishing;
- 4) Ceramic brick, foam, plaster, decorative finishing;
- 5) Ceramic brick, mineral wool slabs, plaster, decorative plaster;
- 6) Ceramic brick, slabs mineral wool, ceramic brick;
- 7) Gas block, plaster, ceramic brick;
- 8) Wood

For further consideration, three of the most popular wall designs were considered. Figure 2 shows diagrams of wall structures and corresponding photographs.

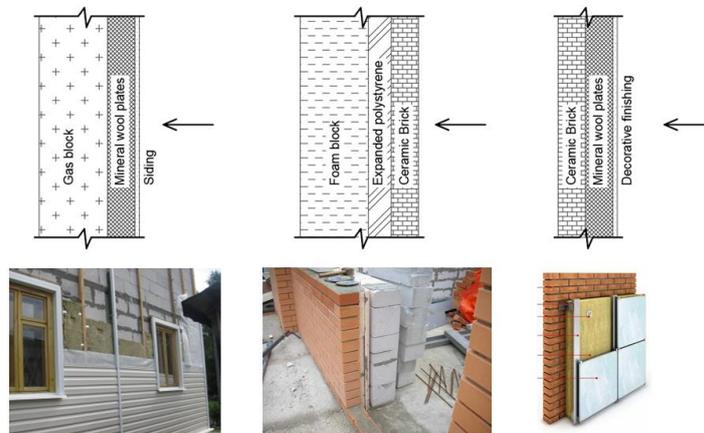


Figure 2. Schemes of wall structures (arrows indicate the direction of view from outside the building).

At the next stage, in accordance with the requirements presented in SP 50.13330.2012 Thermal protection of buildings, the calculation of heat transfer resistance and air permeability resistance of the structures presented above was performed. The accepted initial data for the calculation are as follows:

-town: Shakhty; $t_n = -22$ °C (average temperature outside during the coldest five-day period of the year); $t_b = 22$ °C; orientation to the North; building dimensions: $10 \times 7 \times 4$ m;

The formula 1 was used to calculate the heat transfer resistance:

$$R_T = R_1 + \dots + R_n \quad (1)$$

where R_T is heat transfer resistance of a multilayer enclosing structure, $(\frac{m^2 \cdot K}{W})$;

$R_1 - R_n$ is heat transfer resistance of individual layers, $(\frac{m^2 \cdot K}{W})$.

The heat transfer resistance of each individual layer was determined by the formula 2:

$$R_n = \frac{\delta_n}{\lambda_n} \quad (2)$$

where R_n — is heat transfer resistance of a separate layer, $(\frac{m^2 \cdot K}{W})$;

δ_n —is thickness of the material layer, m;

λ_n —is thermal conductivity coefficient of the material, $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$.

Having carried out calculations using the given formulas, we obtained the values of heat transfer resistance for each of the selected types of wall structures, heat loss and heating costs. The results obtained are summarized in a table.

Table 1

Resistance to heat transfer, the amount of heat loss and heating costs of selected wall structures.

Wall construction No.	1	2	3
Heat transfer resistance, $\frac{m^2 \cdot K}{W}$	4,34	3,67	2,44
Heat loss in 1 month, W	727,42	860,22	1293,85
Heating costs for one month, rub	890,10	1052,59	1583,20

Further, for the same structures, heat losses from air permeability or infiltration, i.e. inflow of outside air into the room through the wall envelope under the action of wind pressure, were calculated. The calculation was based on the method of heat consumption calculation for infiltrating air heating established by SNB 4.02.01 - 03.

The heat consumption for heating the infiltrating air Q_i , W, was determined by the formula 3:

$$Q_i = 0,28G_i c (t_p - t_i) \quad (3)$$

where G_i — is the inflow rate of infiltrating air through the enclosing structures of the room, kg/h;

c — is specific heat capacity of the air equal to 1 kJ/(kg·°C);

t_p, t_i —are calculated air temperatures, °C, respectively, in the outdoor air room during the cold season.

The flow rate of infiltrated air in the room G_i , kg/h through the external enclosing structures was determined by formula 4:

$$G_i = 0,216 \sum A_1 \Delta p_i^{0,67} / R_B + \sum A_2 G_H (\Delta p_i / \Delta p_1)^{0,67} + 3456 \sum A_3 \Delta p_i^{0,5} + 0,5 \sum l \Delta p_i / \Delta p_1 \quad (4)$$

where A_1, A_2 — are the areas of external enclosing structures, m², respectively, of light openings (windows, balcony doors, lanterns) and other enclosing structures;

A_3 — is the area of cracks, gaps and openings in enclosing structures, m²;

$\Delta p_i, \Delta p_1$ — are calculated difference in air pressure on the outer and inner surfaces of the enclosing structures, respectively, on the calculated floor at $\Delta p_1 = 10$ Pa;

R_B — is the air permeability resistance, m²·h·Pa/kg;

G_H —is standard air permeability of external enclosing structures, kg/(m²·h);

l — is the length of the joints of wall panels, m.

But this formula is not suitable for the considered example, as we do not take into account the design of window systems and cracks, since our study is focused only on the construction of wall envelopes. Therefore, we have modified the formula presented above in relation to the problem to be solved.

$$G_i = \sum A_2 \sum G_H \left(\frac{\Delta p_i}{\Delta p_1} \right)^{0,67}$$

The calculated pressure difference Δp_i is determined by the formula 5:

$$\Delta p_i = (H - h_j) (\gamma_H - \gamma_B) + 0,5 \rho_i v^2 (c_{en} - c_{ep}) k_h - p_{int} \quad (5)$$

where H — is the height of the building from the level of the average planning mark of the ground to the top of the cornice, the center of the exhaust openings of the lantern or the mouth of the mine, m;

hi — is calculated height from ground level to the top of windows, balcony doors, doors, gates, openings or to the axis of horizontal and mid-vertical joints of wall panels, m;

γ_H, γ_B — are the specific gravity of outdoor air and indoor air, respectively, N/m³, determined by formula 6:

$$\gamma = \frac{3463}{(273 + t)} \quad (6)$$

here t — is temperature of the indoor or outdoor air, °C;

ρ_i — is outdoor air density, kg/m³;

v — is wind speed, m/s;

cen, cep — are the aerodynamic coefficients, respectively, for the windward and leeward surfaces of building enclosing structures;

kh — is the coefficient of accounting for changes in wind velocity pressure depending on the height of the building;

pint — is conditionally constant air pressure in the building, Pa.

The air permeation resistance, the calculated heat loss through air permeation and the heating costs are presented in Table 2.

Table 2

Air permeability resistance, the amount of heat loss and heating costs of selected wall structures

Wall construction No.	1	2	3
Resistance to air permeability, $\frac{m^2 \cdot h \cdot Pa}{kg}$	238,8	669	195,8
Heat loss in 1 month, W	214,2	51,6	269,7
Heating costs for one month, rub	262,1	63,14	330,02

Having calculated the total heating costs, we see that the construction with the highest resistance to heat transfer (No.1) is unprofitable. Heating costs for installation of such a construction are higher than for installation of construction No.2, which has the highest air permeability resistance compared to other constructions. Thus, it can be concluded that the heat transfer resistance and air permeability resistance are independent characteristics.

Thus, although the first construction is the most popular for residential buildings, it will not provide a high level of thermal protection with minimal heating costs. Therefore, it is most appropriate to use the second construction. It has a good resistance to heat transfer and high resistance to air permeability, so it will cost less to maintain a comfortable temperature in the building.

Thus, in conclusion, it can be noted that in enclosing structures one should always take into account not only the resistance to heat transfer, but also the resistance to air permeability. After all, these indicators do not depend on each other. Only if both requirements coincide, a good level of thermal protection can be achieved and heating costs can be reduced. Heat, air transport through a wall building enclosure is inseparable phenomena. Each influences the other and is affected by all the materials contained within the wall enclosure construction.

1. SP 50.13330.2012 Thermal protection of buildings. Updated version of SNiP 23-02-2003 (with Amendment N1): interstate standard: official publication: approved by Order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation (Ministry of Regional Development of Russia) dated June 30, 2012 №265: date of introduction 01.07.2013;
2. SNB 4.02.01-03 Building regulations of the Republic of Belarus. Heating ventilation and air conditioning: official publication: approved by Order of the Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus №259 dated December 30, 2003.
3. H.M. Künzle, Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components: One- and Two-Dimensional Calculation Using Simple Parameters, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1995.
4. P. Talukdar, S.O. Olutmayin, O.F. Osanyintola, C.J. Simonson, An experimental data set for benchmarking 1-D, transient heat and moisture transfer models of hygroscopic building materials. Part I: Experimental facility and material property data, Int. J. Heat Mass Transf. 50 (2007) 4527–4539, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2007.03.026>.

РАЗДЕЛ XXVII. ЭНЕРГЕТИКА

Гайфиева Л.Ф.

Применение САПР EnergyCS TKZ как способ проверки собственных расчетов

Казанский государственный энергетический университет

(Россия, Казань)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-836

Аннотация

В статье рассматривается эффективность использования САПР EnergyCS TKZ в качестве средства проверки расчетов токов короткого замыкания. Приводится исходная схема и данные для вычисления. Был выполнен собственный ручной расчет и моделирование в ПК. После проведения сравнения полученных результатов, было установлено, что погрешность расхождения между результатами составляет меньше 5%.

Ключевые слова: САПР, энергосистема, трансформатор, короткое замыкание, погрешность.

Abstract

The article discusses the effectiveness of using the EnergyCS TKZ CAD as a means of verifying calculations of short-circuit currents. The initial scheme and data for calculation are given. We performed our own manual calculation and simulation in a PC. After comparing the results obtained, it was found that the error of discrepancy between the results is less than 5%.

Keywords: CAD, power system, transformer, short circuit, error.

Программный комплекс «EnergyCS TKZ» предназначен для выполнения электротехнических расчетов при проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем любой сложности. Программа дает возможность создать цифровую модель сети, которая может рассматриваться как самостоятельный продукт при проектировании. Данные электротехнического оборудования берутся из справочной базы и вводятся в графическом виде. «EnergyCS TKZ» может автоматически составить схему замещения всех последовательностей. При проектировании схемы можно в любой момент просмотреть параметры расчетной модели и результаты расчетов. Возможен импорт и экспорт данных в известных форматах.

Примем допущения:

- 1) не учитывать сдвиг по фазе ЭДС различных синхронных машин и изменение их частоты вращения, если продолжительность КЗ не превышает 0,5 с;
- 2) не учитывать межсистемные связи, выполненные с помощью электропередачи постоянного тока;
- 3) не учитывать поперечную емкость воздушных линий электропередачи напряжением 110-220 кВ, если их длина не превышает 200 км, и напряжением 330-500 кВ, если их длина не превышает 150 км;
- 4) не учитывать насыщение магнитных систем электрических машин;
- 5) не учитывать ток намагничивания трансформаторов и автотрансформаторов;
- 6) не учитывать влияние активных сопротивлений различных элементов исходной расчетной схемы на амплитуду периодической составляющей тока КЗ, если активная составляющая результирующего эквивалентного сопротивления расчетной схемы относительно точки КЗ не превышает 30 % от индуктивной составляющей результирующего эквивалентного сопротивления;
- 7) приближенно учитывать затухание апериодической составляющей тока КЗ, если исходная расчетная схема содержит несколько независимых контуров;

- 8) приближенно учитывать электроприемники, сосредоточенные в отдельных узлах исходной расчетной схемы;
- 9) принимать численно равными активное сопротивление и сопротивление постоянному току любого элемента исходной расчетной схемы [1].

Первичная схема приведена на рисунке 1. Расчеты были выполнены в соответствии с [1].

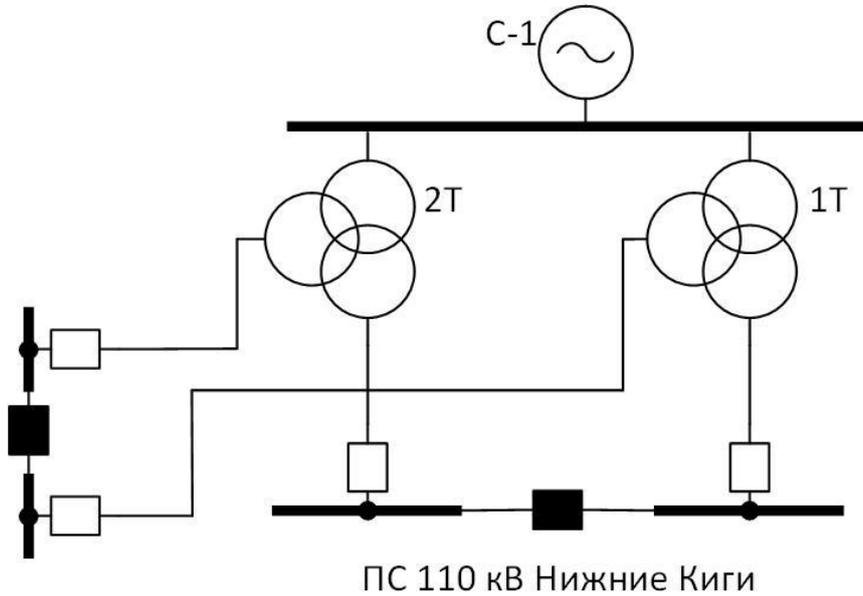


Рисунок 1. Исходная схема подстанции «Нижние Киги».

На схеме представлены два идентичных параллельно работающих трансформатора Т1 и Т2.

Исходные данные для расчетов были взяты из [2]:

Трансформаторы Т1, Т2 типа ТДТН-25000/110/35/10:

Номинальная мощность, SHOM: 25 МВА;

Напряжение короткого замыкания между высшей и средней обмоткой, $U_{кВН-СН}$, 10,5%;

Напряжение короткого замыкания между высшей и низшей обмоткой, $U_{кВН-НН}$, 17,5%;

Напряжение короткого замыкания между средней и низшей обмоткой, $U_{кСН-НН}$, 6,5%;

Регулирование под нагрузкой, РПН, $\pm 9 \times 1,78\%$;

Энергосистема:

Сопротивление прямой последовательности, Z_C , 15,35 Ом.

Схема замещения для расчета ТКЗ в точках К1, К2 и К3 представлена на рисунке 2.

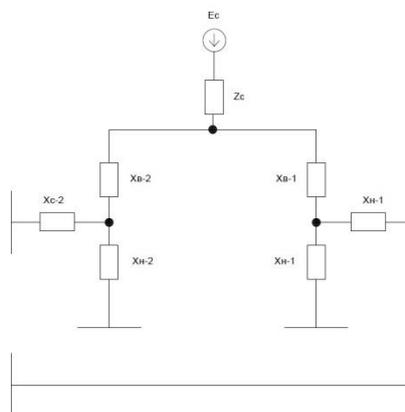


Рисунок 2. Схема замещения прямой последовательности для расчета ТКЗ в точках К1, К2 и К3.

В связи с тем, что в исходных данных не указан характер системы, было принято решение принять его чисто индуктивным. Активным сопротивлением в соответствии с [1] было решено пренебречь, так как оно составляет меньше трети индуктивного сопротивления трансформатора. Автора интересовал расчет максимального режима данной подстанции, поэтому он был произведен с учетом минимального положения РПН.

С целью упрощения расчетов было решено принять напряжение системы равным среднему номинальному для данного класса напряжения (115 кВ).

Сопротивления трансформатора:

Напряжения короткого замыкания каждой обмотки:

$$U_{KB} = 0,5 * (U_{KB-C} + U_{KB-H} - U_{KC-H}) = 0,5 * (10,5 + 17,5 - 6,5) = 10,75\%;$$

$$U_{KC} = 0,5 * (U_{KB-C} + U_{KC-H} - U_{KB-H}) = 0,5 * (10,5 + 6,5 - 17,5) = -0,25\% \approx 0\%;$$

$$U_{KH} = 0,5 * (U_{KB-H} + U_{KC-H} - U_{KB-C}) = 0,5 * (17,5 + 6,5 - 10,5) = 6,75\%;$$

Напряжение в минимальном положении РПН:

$$U_{T1 \min(-16,02)} = U_{T2 \min(-16,02)} = \left(1 - \frac{16,02}{100}\right) * U_{НОМ} = (1 - 0,1602) * 110 = 92,38 \text{ кВ};$$

Сопротивления обмоток Т ВН:

$$X_{BT1 \min(-16,02)} = X_{BT2 \min(-16,02)} = \frac{U_{KB}}{100} * \frac{U_{T1 \min(-16,02)}^2}{S_{НОМ}} = \frac{6,75}{100} * \frac{92,38^2}{25} = 36,7 \text{ Ом};$$

Сопротивления обмоток Т СН:

$$X_{CT1 \min(-16,02)} = X_{CT2 \min(-16,02)} = \frac{U_{KC}}{100} * \frac{U_{T1 \min(-16,02)}^2}{S_{НОМ}} = \frac{0}{100} * \frac{92,38^2}{25} = 0 \text{ Ом};$$

Сопротивления Т НН:

$$X_{HT1 \min(-16,02)} = X_{HT2 \min(-16,02)} = \frac{U_{KB}}{100} * \frac{U_{T1 \min(-16,02)}^2}{S_{НОМ}} = \frac{6,75}{100} * \frac{92,38^2}{25} = 23 \text{ Ом};$$

Трехфазный ТКЗ в точке К1:

$$I_{CK1}^{(3)} = \frac{E_C}{\sqrt{3} * Z_C} = \frac{115}{\sqrt{3} * 15,35} = 4,32 \text{ кА};$$

Трехфазный ТКЗ в точке К2:

$$I_{CK2}^{(3)} = \frac{E_C}{\sqrt{3} * (Z_C + X_{BT2 \min(-16,02)} + X_{CT2 \min(-16,02)})} = \frac{115}{\sqrt{3} * (15,35 + 23 + 0)} = 1,27 \text{ кА};$$

Трехфазный ТКЗ в точке К3:

$$I_{CK3}^{(3)} = \frac{E_C}{\sqrt{3} * (Z_C + X_{BT2 \min(-16,02)} + X_{HT2 \min(-16,02)})} = \frac{115}{\sqrt{3} * (15,35 + 23 + 23)} = 0,88 \text{ кА};$$

Далее исходная схема была смоделирована в ПК Energy TKZ (рисунок 3). Произвели короткое замыкание на шинах систем. Результаты проведенного моделирования отражены на рисунках 3-5.

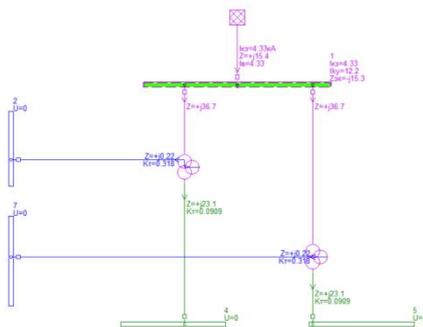


Рисунок 3. Короткое замыкание на шине системы.

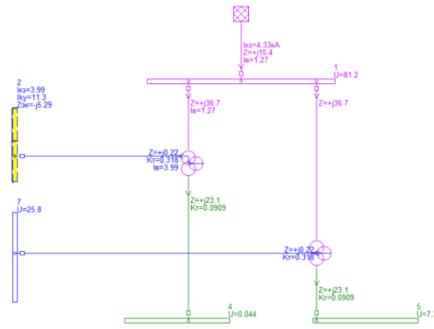


Рисунок 4. Короткое замыкание на шине среднего напряжения трансформатора Т2.

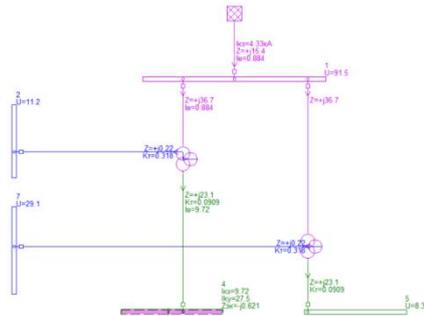


Рисунок 5. Короткое замыкание на шине низшего напряжения трансформатора Т2.

	Ручной расчет	Расчет в ПК Energy TKZ
$I_{СК1}^{(3)}$	4,32	4,33
$I_{СК2}^{(3)}$	1,27	1,27
$I_{СК3}^{(3)}$	0,88	0,88

Рисунок 6. Таблица расхождения токов.

На финальном этапе было принято решение проверить расхождение между значениями ручного подсчета и проведенного ИМ (Рисунок 6). Было получено, что погрешность расхождения между результатами составляет меньше 5%, следовательно, расчет был проведен правильно.

Таким образом, использование программного комплекса Energy CS TKZ для проверки ручного расчета токов короткого замыкания не только экономит время и ресурсы, но и повышает уровень надежности и безопасности энергетических систем. Эта интегрированная платформа становится важным инструментом в руках специалистов, помогая им принимать обоснованные решения и совершенствовать работу электроэнергетических систем в соответствии с современными требованиями к стандартам.

1. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору Р 85 электрооборудования / Под ред. Б.Н. Неклепаева. - М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2002. - 152 с.
2. ГОСТ Р 52735–2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ.— Введ. 2008–07–01.— М. : Стандартинформ, 2008.— 36 с.

Кутырев Д.А.

Выбор горелочных устройств для повышения эффективности работы парового котла Е-1,6-0,9ГМНСамарский государственный технический университет
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-837

Аннотация

Данная статья посвящена выбору горелочных устройств для повышения эффективности работы парового котла Е-1,6-0,9ГМН. В статье рассматриваются различные типы горелочных устройств, а также рассмотрены важные факторы, которые следует учесть при выборе каждого из типов горелок в зависимости от требований и условий эксплуатации.

Ключевые слова: горелочное устройство, котел Е-1,6-0,9ГМН, эффективность, факторы, мощность, энергия, расход, технические характеристики.

Abstract

This article is devoted to the choice of burner devices to improve the efficiency of the steam boiler E-1,6-0,9 GMN. The article discusses various types of burner devices, as well as important factors that should be taken into account when choosing each type of burner, depending on the requirements and operating conditions.

Keywords: Burner device, boiler E-1,6-0,9GMN, efficiency, factors, power, energy, consumption, technical characteristics.

Паровой котёл Е-1,6-0,9ГМН - это один из типовых котлов, который используется в энергетических и промышленных установках с целью производства пара и обеспечения тепловой энергии. Такие котлы имеют компактную конструкцию, а для более эффективной и стабильной работы их оснащают различными системами контроля и датчиками. Такой котел относится к вертикальным двухбарабанным котлам с естественной циркуляцией. В таблице 1 представлены основные характеристики данного агрегата.

Таблица 1

Технические характеристики Е-1,6-0,9ГМН.

Наименование	Е-1,6-0,9ГМН	
	Газ	Жидкое
Номинальная паропроизводительность, т/ч	1,6	1,6
Абсолютное давление насыщенного пара, МПа	0,9	0,9
Температура питательной воды, расчет. 0С	50	50
Расчетный расход топлива, м ³ /ч, кг/ч	130	118
Коэффициент полезного действия, %		
-позиционное	89,5	88
-плавное	91,0	89,0
Масса котла, кг, не более (со смонтированным оборудованием)	5100	5100
Габариты котла, мм, не более:		
длина	4200	4200
ширина	2850	2450
высота	2900	2900
Установленная электрическая мощность, кВт, не более	5,7	12,4

Как видно из таблицы 1, котел имеет мощность 1,6 МВт, что достаточно для обогрева и подачи пара, рабочее давление и температура - повышенные, что дает возможность его использования в процессах, где требуется высокая тепловая энергия.

Котлы оснащаются системой автоматического управления, которая поддерживает уровень воды в заданных пределах. На агрегаты устанавливается защита от нескольких опасных факторов:

- чрезмерное повышение давления воды;
- аварийное падение уровня воды;
- значительное превышение уровня воды;
- чрезмерное повышение давления пара.

Важно отметить, что такие агрегаты созданы для работы с различными видами топлива (мазут, природный газ, уголь и т.д.), что дает гибкость к различным условиям на различных предприятиях. Но несмотря на такую эффективность сгорания, необходимо регулярное техническое обслуживание для работы с таким котлом.

Выбор горелочных устройств для работы парового котла Е-1,6-0,9ГМН также является важной задачей для снижения энергетических затрат предприятий.

Горелочные устройства представляют собой ключевой компонент парового котла. Они отвечают за сжигание топлива, обеспечивая подачу горячих газов для нагрева воды и создания пара. Для котла Е-1,6-0,9ГМН могут быть использованы различные виды горелок. Например, пламенные горелки – эти горелки создают открытое пламя; топливные форсунки для распыления топлива, что дает возможность для сжигания топлива внутри камеры сгорания; газовые горелки – такие горелки работают на природном и сжиженном газе; комбинированные горелки – горелки, работающие на газе и на жидком топливе.

Рассмотрим известных производителей, которые помогут в повышении производительности работы парового котла:

- 1) Baltur TBG Series;
- 2) Siemens LMV Series;
- 3) Riello RL Series;
- 4) Weishaupt G Series;
- 5) Saacke SKV-A Series.

Однако выбор конкретного типа горелок зависит от множества факторов:

- Мощность: Горелка должна иметь мощность для обеспечения оптимального уровня нагрева;
- Тип топлива: Горелка должна иметь соответствующие системы подачи и регулировки для каждого их типов топлива;
- Расход выбранного топлива: Горелка должна обеспечить высокую эффективность сгорания топлива, что поможет снизить расход топлива;
- Безопасность: Горелка должна соответствовать всем нормативам безопасности.

Но все-таки ключевым параметром является мощность. Она рассчитывается на основе требуемого уровня теплопотребления, то есть подбор горелки определяется исходя из мощности парового котла, в соответствии с уравнением:

$$Q_{\Gamma} = \frac{Q_1}{\eta}$$

где Q_1 – полезная мощность парового котла;
 η - КПД парового котла.

Рассмотрим горелку Baltur Low NO_x TBG 110 LX ME (180-1200 кВт). Такая горелка представляет собой надёжный горелочный механизм, который создан для сжигания

природного газа в различных типах котлов. Технические характеристики Baltur Low NOx TBG 110 LX ME (180-1200 кВт) представлены в таблице 2.

Таблица 2

Технические характеристики Baltur Low NOx TBG 110 LX ME.

Наименование	Ед.изм.	Значение
Максимальная тепловая мощность	кВт	1200
Минимальная тепловая мощность	кВт	180
Расход природного газа	м ³ /ч	19
Минимальное давление	мБар	28
Максимальное давление	мБар	360
Напряжение электропитания, 50 Гц	В	380
Потребляемая мощность	кВт	1,5
Габаритные размеры	мм	540 x 610 x 1315
Вес	кг	67
Вид топлива		Газ

Преимущества использования горелки Baltur Low NOx TBG 110 LX ME в паровом котле Е-1,6-0,9ГМН:

- Обеспечение высокой эффективности сгорания природного газа, что повышает КПД котла, а именно: большая часть тепловой энергии используется для обогрева воды и производства пара с минимальными тепловыми потерями;
- Снижение выбросов вредных веществ, что делает такую горелку более экологической относительно других;
- Горелка Baltur Low NOx TBG 110 LX ME оснащена системой модуляции мощности, что помогает автоматически регулировать силу горения в зависимости от нагрузки, и таким образом позволяя сэкономить энергию при разных условиях эксплуатации;
- Горелка предназначена для средних и крупных котлов и обладает мощностью 1200 кВт, что обеспечивает более чем достаточное количества тепла для нагрева котла Е-1,6-0,9ГМН;
- Компания Baltur прославлена своими надежными и легкими в обслуживании продуктами, что обеспечивает надёжность при совместной работе с котлом.

Таким образом, выбор горелки парового котла Е-1,6-0,9ГМН основывается на обеспечении необходимого уровня теплоснабжения, что является фундаментальным аспектом безопасной и эффективной работы. Процесс выбора начинается с определения мощности теплового котла и необходимой автоматизации для обеспечения более эффективной работы. А использование горелки Baltur Low NOx TBG 110 LX ME в котле Е-1,6-0,9ГМН представляет собой выгодное решение с точки зрения эффективности, надежности и экологичности.

1. Соколов, Б. А. Котельные установки и их эксплуатация / Б.А. Соколов. - М.: Academia, 2010. - 432 с.
2. Раппопорт Б. М., Седанов Л. А., Ярхо Г. С., Рудинцев Г. И. Устройства автоматического регулирования и защиты котельных горных предприятий. М.: Недра, 1974. – 205 с.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» Приказ Ростехнадзора от 25.03.2014 N 116.
4. Электронный ресурс : https://cotlomash.ru/f/tekhnicheskoye_opisaniye_ye-16-09gmn.pdf

Кутырев Д.А.

Работа парового котла Е-1,6-0,9ГМН: Рекомендации по повышению эффективности

Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-838

Аннотация

Данная статья описывает конструкцию парового котла Е-1,6-0,9ГМН, его область применения и принцип его работы. Также рассмотрены технические характеристики котла, включая его производительность, давление и температуру. Подчеркнуты преимущества и потенциальные ограничения данного типа котла, а также рекомендации по повышению его эффективности.

Ключевые слова: котел Е-1,6-0,9ГМН, комплектация, принцип работы, эффективность, ремонт, обслуживание, затраты, оптимизация, горелочные устройства, вода, газ, пар.

Abstract

This article describes the design of the steam boiler E-1,6-0,9 GMN, its scope and the principle of its operation. The technical characteristics of the boiler, including its performance, pressure and temperature, are also considered. The advantages and potential limitations of this type of boiler are emphasized, as well as recommendations for improving its efficiency.

Keywords: Boiler E-1,6-0,9GMN, equipment, operating principle, efficiency, repair, maintenance, costs, optimization, burner devices, water, gas, steam.

Паровой котел Е-1,6-0,9ГМН представляет собой оборудование для производства насыщенного пара в системах отопления, генерации энергии и технологических процессах.

Такой котел применяется в различных отраслях, например, на заводах, где требуется пар для производства и обработки, стерилизации различных товаров и продуктов. Также такой котел может использоваться для производства пара с целью генерации электроэнергии в теплоэлектростанциях и когенерационных установках.

Паровые котлы Е-1,6-0,9ГМН на природном газе составляют большую долю от общего объема производства паровых котлов на энергетических предприятиях. Котел имеет проектную производительность 1,6 т/ч (1600 кг/ч) и предназначен для производства насыщенного пара с влажностью не более 2-3 % при расчетной температуре 175 °С и рабочем давлении не более 0,9 МПа (9 кгс/см²). Котел выполнен из цельнотянутых труб с конвективными и экранными трубами с толщиной стенки не менее 3,5 мм. В стандартной комплектации котел Е-1,6-0,9ГМН оснащен фронтальной топкой с горелкой ГГ-2, но паровые котлы такого типа могут быть оснащены горелками отечественных и зарубежных производителей. По специальному заказу завод также производит котлы типа Е-1,6-0,9, работающие в водогрейном режиме. На рисунке №1 представлен схематичный котел Е-1,6-0,9ГМН.

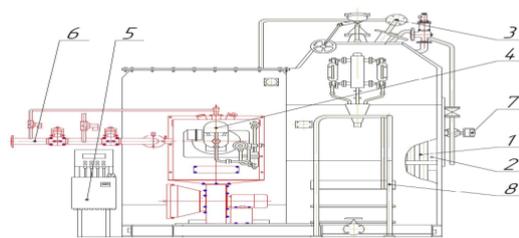


Рис.1 Котел паровой

- 1 Система твердая
- 2 Теплоизоляция с ватой
- 3 Система питания
- 4 Горелочный блок
- 5 Система управления
- 6 Газопровод
- 7 Обдувочное устройство
- 8 Лестница с площадкой

Рисунок 1.

Принцип работы парового котла заключается в следующем: При сгорании топлива в камере котла происходит выделение горячих дымовых газов при повышенной температуре, они проходят через газоходы, контактируя с трубными пучками, по которым циркулирует вода. Все это приводит к передаче части тепла от газов к воде, охлаждению самих газов и нагреву воды до пара, собираемого в верхнем барабане котла. Затем в котел подается воздух с помощью вентилятора и охлажденные дымовые газы выводятся в атмосферу через дымовые трубы и дымоходы, а подготовленная вода для котла подается насосом через питательный трубопровод в верхний барабан котла. (рис 2)



Рисунок 2. Паровой котел E-1,6-0,9ГМН

Но, как и любое оборудование, котел имеет свои преимущества и ограничения. Достоинства парового котла типа E-1,6-0,9ГМН заключается в высокой его эффективности, что позволяет сократить расходы на топливо, также котел имеет относительно простую конструкцию, что облегчает его эксплуатацию, обслуживание и возможность работы на разных видах топлива, что делает его более гибким.

Паровой котел E-1,6-0,9ГМН имеет удобное управление и обслуживание в мониторинге и регулировании параметров работы котла за счет его современной автоматизированной системы управления.

Если рассматривать ограничения, то для парового котла типа E-1,6-0,9ГМН необходимо использовать воду определённого качества, чтобы предотвратить накипь и коррозию. Для предотвращения потенциальных аварий, связанных с сернистой и стояночной коррозией, необходимо проводить контроль состояния поверхностей, которые находятся в эксплуатации более 2х лет.

Также стоит понимать, что хоть котел может работать на разном виде топлива, эффективность его варьируется в зависимости от данного выбора топлива.

Таким образом, повышение эффективности работы котла парового котла типа E-1,6-0,9ГМН представляет собой задачу обеспечения стабильной работы для предприятия за счет экономии ресурсов. Регулярные проверки и оптимизация процессов – те самые ключевые шаги по достижению этой задачи.

Специалисты, обслуживающие котел E-1,6-0,9ГМН должны тщательно проводить проверки состояния работоспособности всех его компонентов (обогревателя, систему очистки, управления, дренажа, а также горелок), заменять изношенные механизмы для более эффективной работы самого котла. Важно уметь настраивать необходимые режимы работы котла в зависимости от потребностей и нагрузки.

Системы очистки и дренажа – необходимые компоненты котла, которые помогают предотвратить накопление нежелательных отложений, поэтому важно поддерживать их в оптимальном состоянии, чтобы поддерживать теплообменные поверхности.

Теплопроводные поверхности нуждаются в эффективной теплоизоляции, поэтому следует более детально подходить к подбору изоляции и наблюдением за ее состоянием, чтобы снизить потери тепла и повысить эффективность теплообмена. Также можно использовать дополнительные поверхности, такие как экономайзеры и конденсаторы, чтобы извлечь дополнительную энергию от отходящих газов для возвращения в процесс нагрева с целью экономии топлива.

Оптимизация или установка новой горелки, ее калибровка, также может существенно улучшить работу парового котла Е-1,6-0,9ГМН, а именно повысить эффективность сгорания и снизить количество выбросов в окружающую природу.

Стоит отметить, что администрация предприятия, которая владеет котлом, должна обеспечить проведение своевременного ремонта котлов в соответствии с графиком ППР (планово – принудительный ремонт, в котором указан вид работ, а также их периодичность). Такие работы по ремонту должны осуществляться в соответствии техническим условиям, которые были разработаны с требованиями «Правил котлонадзора».

Таким образом, паровой котел Е-1,6-0,9ГМН – это эффективное оборудование, которое помогает улучшить производительность на различных предприятиях, но даже он нуждается в повышении эффективности его работы. Приведенные рекомендации помогут использовать максимальный потенциал котла, снизить затраты и в целом улучшить работу предприятия.

1. Александров В.Г. Паровые котлы средней и малой мощности. –Л.: Энергия, 1972 г.
2. Деев Л. В., Котельные установки и их обслуживание, М., «Высшая школа», 1990 г.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» Приказ Ростехнадзора от 25.03.2014 N 116.
4. Электронный ресурс : https://cotlomash.ru/f/tehnicheskoye_opisaniye_ye-16-09gmn.pdf

Мифтахов А.Р.

Применение интеллектуальной системы учета электроэнергии ISKRA: изучение особенностей и преимуществ

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-839

Аннотация

В отличие от аналоговых предшественников «умные» приборы учета электроэнергии предоставляют возможность автоматически дистанционно передавать текущие показания и режим потребления электричества в энергокомпанию, подают сигнал об аварии в сети или о несанкционированном вмешательстве, что позволяет в разы минимизировать потери электроэнергии. В статье рассматриваются современные интеллектуальные системы учета электрической энергии ISKRA. Изучены технические и конструктивные особенности данных систем, принцип их работы. Выявлены основные преимущества приборов.

Ключевые слова: электроэнергия, интеллектуальные системы учета, контроль энергоресурсов, программное обеспечение, коммерческий учет ресурсов.

Abstract

Unlike analog predecessors, "smart" electricity metering devices provide the ability to automatically remotely transmit current readings and electricity consumption mode to the power company, signal an accident in the network or unauthorized interference, as a result of which electricity losses are minimized at times. The article discusses modern intelligent systems of electric energy

metering ISKRA. The technical and design features of these systems, the principle of their operation are studied. The main advantages of the devices are revealed.

Keywords: electric power, intelligent accounting systems, control of energy resources, software, commercial accounting of resources.

Основная часть промышленных предприятий и энергетических объектов уже интегрируют и эксплуатируют различные системы коммерческого учёта электроэнергии. Аналоговые системы коммерческого учета включают в себя как автоматизированные, так и неавтоматизированные способы. Приборный (неавтоматизированный) способ - более устаревший: он подразумевает под собой работу не «оформленной» системы, а многочисленный обслуживающий персонал. Такой вид организации учета влечет за собой негативные результаты: низкое качество работы, неточные отчетные данные, что в свою очередь негативно сказывается на производительности компании. На ряду с ним существует автоматизированный учёт, который обладает большим количеством удобств и выгод для предприятий. Суть работы данного способа учета данных о потреблении и расходах электроэнергии заключается в том, что, как и первом способе, обслуживающий оперативный персонал решает задания алгоритмов и программ выполнения задающихся операций, а также установок и других показателей, необходимых для их выполнения, но сбор, передачу, обработку и воспроизведение измерительной информации осуществляется автоматически основываясь на первоисточниках. Автоматизированный учет, таким образом, является более привлекательным, поскольку он решает задачи получения достоверной информации о количестве производства, потреблении и сбыте электрической энергии и мощности на оптовом рынке России. Данные коммерческого учёта в отличие от данных, полученных приборным способом, отличаются своей точностью, а следовательно, могут быть использованы для решения технических, технико-экономических и статистических задач. На сегодняшний день рыночные отношения и быстро меняющиеся внешние условия требуют от изготовителей создания все новых и более универсальных систем коммерческого учёта. В настоящих условиях обеспечить эффективное функционирование всей отрасли смогут современные «умные» коммерческие системы, позволяющие вести учёт по дифференцированным тарифам и производить мониторинг и анализ потребления электроэнергии.

В таких системах учета для пользователей должны быть реализованы функции: передача показаний и результатов измерений прибора учета электроэнергии, присоединенного к интеллектуальной системе учета, предоставление информации о количестве и иных параметрах электрической энергии, полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии, а также возобновления подачи электрической энергии, установление и изменение зон суток (часов, дней недели, месяцев), по которым прибором учета электрической энергии, присоединённым к интеллектуальной системе учета, осуществляется суммирование объемов электрической энергии в соответствии с дифференциацией тарифов, предусмотренной законодательством, передача данных о параметрах настройки и данных, зафиксированных прибором учета электрической энергии, присоединенным к интеллектуальной системе учета, передача нормативной справочной информации, передача архива данных. Всем перечисленными критериям удовлетворяет система интеллектуального учета ISKRA.

Посредством изучения документации об интеллектуальных системах учета электроэнергии ISKRA выяснено, что в состав информации о количестве и иных параметрах электрической энергии входят объем принятой и отданной электрической энергии, учтенный по точке поставки, объем принятой и отданной реактивной энергии, учтенный по точке поставки, длительность отклонения соотношения потребления активной и реактивной мощности от предельного значения и максимального значения отклонения в расчетном периоде по точке поставки, значения максимальных в каждые рабочие сутки расчетного периода почасовых объемов электрической энергии, учтенные по точке поставки в установленные системным оператором плановые часы пиковой нагрузки и среднее арифметическое из данных значений, значения максимальной и минимальной фактической активной, реактивной и полной мощности

по точке поставки, информация о величине резервируемой максимальной мощности, величина потерь электрической энергии в объектах электросетевого хозяйства на участке сети от точки измерения до точки поставки, алгоритм расчета величины потерь электрической энергии в объектах электросетевого хозяйства на участке сети от точки измерений до точки поставки, информация о значениях индивидуальных параметров качества электроснабжения по точке измерения.

Система измерения данных приборов соответствует требованиям Международной организации законодательной метрологии и устойчива к воздействию гармонических помех. Долгосрочная стабильность гарантирует отсутствие необходимости повторной калибровки в течение всего срока службы счетчика.

Говоря о ключевых особенностях системы, также стоит выделить ее модульную структуру, «горячую» замену модема GSM/PLC; неразборный корпус и невозможность установки ПУ, встроенный источник резервного питания, защиту от хищений и защиту информации от изменений, контроль схемы включения, управление нагрузкой потребителей, входы ТС и выходы ТУ, инициативную передачу сигналов об аварии, возможность контроля потребления с мобильных устройств и др. Щит обеспечивает защиту от воздействия внешнего магнитного поля.

Таким образом, рынок электроэнергии и его инфраструктура будут эффективно функционировать при грамотно организованном коммерческом учёте с использованием современных информационных технологий. Примером таких систем, соответствующей современным требованиям, могут служить системы интеллектуального учета электроэнергии ISKRA, установка которых не только повысит надежность и качество электроснабжения потребителей, но и увеличит эффективность производственных процессов.

1. Автоматизированные системы контроля и учёта электроэнергии и мощности. Основные нормируемые метрологические характеристики. Общие требования // РД ПАО «ЕЭС России». – М., 1998.
2. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: Учебное пособие. М.: Форум, 2018. 350 с.
3. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. 416 с.

Нарушев Е.В.

Вентиляционные вызовы и решения в новых жилых комплексах

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-840

Аннотация

Исследование анализирует факторы, влияющие на эффективность вентиляции в жилых и коммерческих объектах строительства, выявляет основные причины недостаточной работоспособности систем вентиляции, а также предлагает решения для улучшения качества воздушной среды в новых жилых комплексах

Ключевые слова: вентиляция, новостройки, работоспособность, качество воздуха, проблемы.

Abstract

The study analyzes the factors affecting the efficiency of ventilation in residential and commercial construction sites, identifies the main causes of insufficient ventilation systems, and also offers solutions to improve the quality of the air environment in new residential complexes

Keywords: ventilation, new buildings, efficiency, air quality, problems.

Во многих странах, включая Россию, строительство новых жилых комплексов и многоквартирных домов стоит перед серьезными проблемами, связанными с недостаточной работоспособностью вентиляции. Одной из основных проблем, связанных с вентиляцией в новостройках, является недостаток воздухообмена. Многие новые здания имеют недостаточную систему вентиляции, что может привести к скапливанию загрязнений и влаги внутри помещений. Неправильно спроектированные и установленные системы вентиляции могут не справляться с уровнем влажности в помещении. Это создает условия для развития плесени и грибков, что может негативно влиять на здоровье жильцов. Отсутствие эффективной системы фильтрации воздуха может привести к попаданию в помещения аллергенов, пыли и загрязняющих веществ, что ухудшает качество воздуха внутри здания. Вентиляционные системы могут создавать излишний шум, что также может стать проблемой для жителей новостроек.

Важным шагом к решению проблемы является качественное проектирование вентиляционных систем при строительстве. Это включает в себя правильный расчет необходимого воздухообмена и использование современных технологий для обеспечения оптимальной работы системы. Важно проводить регулярное техническое обслуживание вентиляционных систем. Чистка фильтров, проверка работы вентиляторов и регулировка параметров могут значительно улучшить работоспособность системы. Современные вентиляционные системы с рекуперацией тепла позволяют эффективно использовать тепло, собранное из отходящего воздуха, для отопления воздуха, поступающего в помещение. Это позволяет снизить энергопотребление и улучшить качество воздуха. Системы управления вентиляцией, основанные на современных технологиях, могут эффективно регулировать работу вентиляционных систем в зависимости от актуальных условий внутри и вне помещения.

Проблема работоспособности вентиляции в новостройках является серьезной, но решаемой. Ключевыми моментами являются правильное проектирование и регулярное обслуживание систем, а также использование передовых технологий, способных сделать вентиляцию более эффективной и экологически безопасной. Обеспечение комфортных и здоровых условий в жилье должно быть в центре внимания при строительстве новых жилых комплексов.

С развитием городов и ростом населения увеличивается спрос на жилье, что приводит к активному строительству новых жилых и коммерческих объектов. Однако, в процессе создания новых зданий, одной из ключевых аспектов, на который часто обращается меньше внимания, является вентиляция. Правильно спроектированная и исправно работающая вентиляционная система играет важную роль в обеспечении качества воздуха внутри зданий.

На данный момент, развитие знаний в области маркетинга товаров и услуг не позволяет предположить возможность продажи некачественных квартир в новостройках. В первую очередь, это объективные критерии, такие как местоположение, инфраструктура, удаленность от промышленных объектов и другие. Эти факторы влияют на стоимость жилья и имеют решающее значение. [2] Однако, помимо них, внимание и значение уделяются также качеству самих строительных объектов, внутреннему обустройству, внешнему виду жилых домов, их конструктивной системе, а также внутренней отделке и наличию или отсутствию дополнительных помещений, таких как лоджии или балконы.

Тенденция в современном строительстве сводится к экономии и минимизации затрат на стадии проектирования. Однако это может привести к неудовлетворительному качеству нового жилья, которое, несмотря на современные технологии и конструктивные элементы, может оказаться дискомфортным для жизни.

Согласно техническому решению и проектным данным, в массовом жилищном строительстве принята схема вентилирования квартир, включающая естественную вытяжную канальную вентиляцию из кухни и санитарных помещений, а также поступление наружного воздуха через неплотности наружных ограждений, включая оконное заполнение, для обеспечения воздухообмена во всем объеме квартиры. [3]

Изменение одного конструктивного элемента, такого как оконное заполнение, может повлиять на проектную систему вентиляции и привести к отсутствию циркуляции воздуха в помещении при закрытых окнах. Вентиляция, как совокупность мероприятий и устройств для организации воздухообмена, играет ключевую роль в обеспечении заданных параметров воздушной среды в помещениях различного назначения. Различают системы вентиляции с естественным и искусственным побуждением воздушного потока. В процессе эксплуатации квартир, особенно в первые годы после постройки жилого дома, и при наличии маленьких детей среди жильцов, возникают следующие проблемы:

1. Повышенное образование конденсата на наиболее холодных участках наружных ограждающих конструкций.
2. Появление бурых и черных пятен (плесневого грибка) на увлажненных поверхностях.
3. Нарушение отделочного слоя поверхностей конструктивных элементов.

Эти проблемы могут возникать как следствие длительного воздействия влаги на поверхности конструкций, вызванной конденсацией воды из воздуха. Формирование конденсата связано с температурой и влажностью внутренней среды помещений. При продолжительном воздействии влаги, которая образуется в результате конденсации воды на поверхностях, таких как откосы и стены, особенно в условиях наличия "точки росы," происходит активное развитие плесневых грибков. Эти грибки могут проявляться в виде пятен различных цветов, таких как черный, бурый, голубой или зеленый, и могут разрушать строительные и отделочные материалы. [1]

Влага также может привести к размоканию и разрушению соединительного слоя внутренней отделки помещений. В результате этого могут возникать местные вздутия, отслоения обоев от стен, отслоения штукатурного слоя и т. д.

Согласно Справочному пособию к СНиП 2.08.01-89, параметры микроклимата в помещениях жилых домов и воздушно-тепловой режим определяются несколькими факторами, включая системы отопления и вентиляции, архитектурно-планировочные и конструктивные решения зданий, характеристики ограждающих конструкций и способы эксплуатации квартир жильцами. Эти факторы в совокупности влияют на расход тепла и уровень воздушно-теплого комфорта в жилых помещениях.

Судебная практика исследования работы системы вытяжной вентиляции показывает, что её функционирование может быть неудовлетворительным, и воздухообмен внутри квартиры не может быть обеспечен. Недостаточная вентиляция квартир может привести к увеличению влажности воздуха в кухне и ванной комнате, что в дальнейшем распространяется по всей квартире. Этот факт поддерживает образование конденсата и, следовательно, приводит к увеличению влажности внутренней среды.

Поскольку естественная вентиляция может работать недостаточно эффективно, предлагается установка принудительной (механической) вентиляции для обеспечения адекватного воздухообмена. Однако даже при использовании механической вентиляции, важно обеспечивать постоянный воздухообмен для поддержания комфортных условий внутри помещения.

Для обеспечения адекватного воздухообмена в квартирах существует несколько методов, и одним из них является проектирование приточных устройств согласно СП 60.13330.2012. Эти устройства предназначены для поступления наружного воздуха в помещения через специальные механизмы, расположенные в наружных стенах или окнах. Они должны обеспечивать количество и качество воздуха, соответствующие нормативным параметрам микроклимата. [1]

Однако существует проблема, связанная с отсутствием прямых указаний и рекомендаций в нормативных требованиях относительно расчета и установки таких приточных устройств. Это создает возможность для строительных компаний уклоняться от ответственности за обеспечение жилья нормативными параметрами микроклимата,

оправдываясь недостаточно детализированной проектной документацией и размытыми требованиями в строительных правилах.

Важно отметить, что устройство системы приточно-вытяжной вентиляции несомненно необходимо для обеспечения комфортных и здоровых условий внутри помещения. Отсутствие четких нормативных требований и ясных указаний создает пространство для толкования, и это может быть использовано для ухода от выполнения необходимых мероприятий.

Для предотвращения подобных ситуаций и исключения юридических проволочек, необходимо внести дополнения в строительные правила или разработать специализированные методические рекомендации, которые бы ясно и подробно описывали требования к системам вентиляции в жилых домах. Это поможет установить обязательные стандарты и обеспечить выполнение нормативов микроклимата в квартирах, не оставляя места для многозначных интерпретаций и уклонений.

1. Широков Е. И. Дерево, тростник, солома – строительные материалы для устойчивого развития / Архитектура и строительство России. 2007. 10 с.
2. ГОСТ 30494 - 2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Москва: Стандартинформ. 2013. 11 с.
3. Строганов В. Ф. Биоповреждение древесных материалов и конструкций/ В. Ф. Строганов, В. А. Бойчук, Е. В. Сагадеев / Известия Казанского государственного архитектурно - строительного университета. – 2014, № 2 (28). С. 185–193.

Нарушев Е.В.

Польза автоматизированных тепловых пунктов

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-841

Аннотация

Этот технологический компонент обеспечивает эффективное управление и распределение тепла внутри здания, повышая комфорт и энергоэффективность. В данной статье рассматриваются основные характеристики, преимущества и ключевые аспекты современных автоматизированных тепловых пунктов в зданиях.

Ключевые слова: автоматизация, тепловой пункт, отопление, горячее водоснабжение, энергоэффективность.

Abstract

This technological component ensures efficient management and distribution of heat inside the building, increasing comfort and energy efficiency. This article discusses the main characteristics, advantages and key aspects of modern automated heating points in buildings.

Keywords: automation, heat point, heating, hot water supply, energy efficiency.

Автоматизированный тепловой пункт (АТП) - это комплекс технических устройств и систем, предназначенных для распределения и регулирования теплоснабжения в жилых зданиях. Он является своеобразным умным центром, управляющим системой отопления и горячего водоснабжения. Современные АТП обычно оснащены множеством сенсоров, автоматическими регуляторами и возможностью дистанционного мониторинга и управления. Рассмотрим функции современного АТП.

Одной из основных функций АТП является поддержание комфортных температурных условий в жилых помещениях. Система автоматически регулирует подачу тепла, учитывая текущие климатические условия и предпочтения жильцов. [1] Автоматизированный тепловой пункт способствует значительной экономии энергии. Он может анализировать данные о расходе тепла и оптимизировать его использование, что позволяет снизить затраты на

отопление и сократить негативное воздействие на окружающую среду. Современные АТП позволяют владельцам и управляющим компаниям мониторить и управлять системой удаленно. Это позволяет быстро реагировать на изменения и проблемы, а также оптимизировать работу системы без необходимости физического присутствия.

Автоматизированный тепловой пункт способствует экономии тепловой энергии и, следовательно, снижению расходов на оплату тепла. Это выгодно как для жильцов, так и для владельцев жилых зданий. Благодаря точной регулировке температуры и уровню горячей воды, жильцы могут наслаждаться комфортом в своих квартирах вне зависимости от времени года.

Сокращение энергопотребления снижает выбросы углекислого газа и вредных веществ, что положительно влияет на экологическую обстановку. Возможность удаленного управления и мониторинга упрощает процесс эксплуатации и обслуживания системы, что в свою очередь повышает ее надежность. Современный автоматизированный тепловой пункт в жилых зданиях представляет собой важное решение для обеспечения комфортных условий проживания и эффективного использования энергии. Он сочетает в себе высокую степень автоматизации, экономию ресурсов и возможность дистанционного управления, что делает его неотъемлемой частью современного умного жилья. По мере развития технологий, автоматизированные тепловые пункты будут продолжать играть важную роль в улучшении жизни жильцов и содействии экологической устойчивости. [2]

В настоящее время наблюдается увеличенное внимание к реализации государственной программы "Энергоэффективность и развитие энергетики" [1]. Одним из подходов к решению этой проблемы является использование современных автоматизированных систем и средств учета и контроля, включая применение автоматизированных тепловых пунктов (АТП). Автоматизированный тепловой пункт спроектирован для конвертации тепловой энергии и автоматического управления параметрами носителя тепла. Эти устройства устанавливаются как для обслуживания жилых многоквартирных домов, так и для производственных и промышленных зданий.

Преимущества автоматизированных тепловых пунктов включают в себя:

- Обеспечение комфортных условий внутри помещений благодаря автоматическому контролю параметров носителя тепла.
- Автоматическое соблюдение графиков температуры носителя тепла.
- Сокращение капитальных затрат благодаря уменьшению длины трубопроводов.
- Снижение вероятности аварий в системах отопления.
- Экономия эксплуатационных расходов, поскольку не требуется постоянного присутствия квалифицированных работников.
- Простота обслуживания.
- Повышение надежности работы тепловых сетей.

Современный автоматизированный тепловой пункт включает в себя следующие компоненты: узел ввода тепловой сети, узел учета потребления тепловой энергии, насосное оборудование, блок управления и запорно-регулирующую арматуру. При этом предусматривается установка современного оборудования с новыми характеристиками и функциональностью.

Также будет осуществлена установка автоматических регуляторов перепада давления. Эти устройства предназначены для управления перепадами давления в системе теплоносителя. Разнообразие конструктивных вариантов позволяет использовать их для различных проектных решений по стабилизации давления. Кроме того, предусматривается установка автоматических регуляторов расхода. Они используются для стабилизации расхода теплоносителя, который может изменяться из-за изменений гравитационного давления и работы терморегуляторов. Главное отличие от регуляторов перепада давления заключается в наличии встроенного регулируемого дросселя.

В автоматизированном тепловом пункте жилого дома также необходима установка регуляторов температуры. При использовании термостатов для регулирования отопительных

приборов автоматическое управление тепловой энергией для отопления выполняется на основе температурного графика, контролируя температуру в подающем трубопроводе в зависимости от наружной температуры. В случае отсутствия термостатов, регулирование выполняется с учетом температурного графика, корректируя его в зависимости от наружной температуры.

Компания Danfoss выпускает регуляторы AVTB и AVT, которые могут быть установлены как на подающем, так и на обратном трубопроводе. Однако, например, AVTB 20-60 следует устанавливать исключительно на обратном трубопроводе, так как это требует используемый датчик. Исходя из вышеизложенного, в многоэтажном жилом доме, расположенном в городе Заречный, будет разработан автоматизированный тепловой пункт, который будет оборудован современным вышеперечисленным оборудованием.

Продолжая обсуждение автоматизированного теплового пункта для многоэтажного жилого дома в городе Заречный, следует подчеркнуть важность установки современных регуляторов перепада давления и регуляторов расхода. Эти компоненты не только обеспечивают более стабильную и эффективную работу системы отопления, но и способствуют снижению затрат на обслуживание и повышению ее надежности.

Регуляторы перепада давления, работая в автоматическом режиме, контролируют и поддерживают оптимальные уровни давления в системе теплоносителя. Это позволяет избежать проблем, таких как перегрев или недостаточное нагревание, что может повлиять на комфорт жильцов и уровень эффективности системы отопления. Регуляторы расхода, в свою очередь, обеспечивают стабильный поток теплоносителя и позволяют более точно регулировать его расход в зависимости от текущих потребностей.

Также важно отметить необходимость установки регуляторов температуры. Эти устройства, такие как регуляторы AVTB и AVT от компании Danfoss, позволяют динамически управлять температурой теплоносителя в системе отопления в зависимости от внешних условий. Это не только обеспечивает более комфортные условия для жильцов, но и способствует экономии энергии и снижению затрат на отопление.

Кроме того, современные автоматизированные тепловые пункты могут быть интегрированы в системы дистанционного мониторинга и управления. Это позволяет оперативно реагировать на изменения и аварийные ситуации, а также оптимизировать работу системы отопления в режиме реального времени.

Таким образом, автоматизированные тепловые пункты с современными регуляторами и системами управления играют ключевую роль в повышении энергоэффективности, комфорта и надежности отопительных систем в жилых домах. Их установка и правильная настройка являются важным шагом в направлении снижения энергопотребления и оптимизации теплоснабжения.

1. Ананьев В.А., Балуев Л.Н. и др. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика – М.: «Евроклимат», издательство «Арина», 2000.
2. СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные», актуализированная редакция СНиП 31-01-2003, утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 24 декабря 2010 г. № 778 и введен в действие с 20 мая 2011

Сагиров В.Р.

Моделирование двухмашинной энергосистемы в программной среде PSCAD

*ФГБОУ ВО «КГЭУ» Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-842

Аннотация

В рамках работы была построена модель двухмашинной энергосистемы в программной среде PSCAD. Представлено описание среды, в которой проводилось моделирование, рассмотрен процесс создания модели, описаны параметры энергосистемы и способы их задания. Для проверки правильности построения модели автором был смоделирован аварийный режим работы энергосистемы, а именно - при трехфазном коротком замыкании на стороне среднего напряжения трансформатора T2.

Ключевые слова: PSCAD, имитационная модель, двухмашинная энергосистема.

Abstract

Within the framework of the work a model of two-machine power system was built in the PSCAD software environment. The description of the environment in which modeling was carried out is presented, the process of model creation is considered, power system parameters and methods of their setting are described. To verify the correctness of the model construction, the author modeled the emergency mode of the power system operation, namely, a three-phase short circuit on the medium-voltage side of transformer T2.

Keywords: PSCAD, simulation model, two-machine power system.

В процессе выполнения работы использовалась PSCAD версии v5.0.0. Программная платформа PSCAD представляет собой эффективный и точный инструмент для моделирования работы энергосистем и силовых электронных преобразователей на этапах проектирования, анализа, оптимизации и верификации. Эта программная среда PSCAD включает в себя обширный набор инструментов и полнофункциональную библиотеку компонентов, позволяющую проводить детальный анализ функционирования энергетического оборудования.

С помощью PSCAD можно проводить исследования переходных процессов в сетях переменного тока, включая процессы, связанные с коммутационными перенапряжениями при ударах молний, а также вычисление восстанавливающегося напряжения разрядников и выключателей. Программа позволяет исследовать вставки и системы постоянного тока (HVDC), моделировать и оценивать системы FACTS для линий передачи переменного тока (SVC, STATCOM, TCSC и др.), анализировать функционирование ветрогенераторов и их систем управления и защиты в различных аварийных ситуациях, проводить исследование качества электрической энергии, учитывая широкий спектр гармонических составляющих, и исследовать алгоритмы РЗА и АСУ, их оптимизацию и валидацию.

Управляющие органы, логические функции и системы отображения PSCAD обеспечивают пользователям возможность глубокого взаимодействия с моделируемой системой. Во время моделирования пользователи могут оперативно управлять событиями и параметрами модели, наблюдать за реакцией модели на разнообразную информацию, отображаемую на экране. Это способствует лучшему пониманию процессов в сложных системах и быстрому достижению поставленных целей. Программа оснащена современным многооконным интерфейсом, настраиваемым пользователем и аналогичным интерфейсу Microsoft Office 2010. Обновленный мастер компонентов и поисковые интерфейсы обеспечивают удобство при использовании функции поиска и создании новых компонентов. [1].

Любое формирование модели начинается с создания проекта (рис.1).

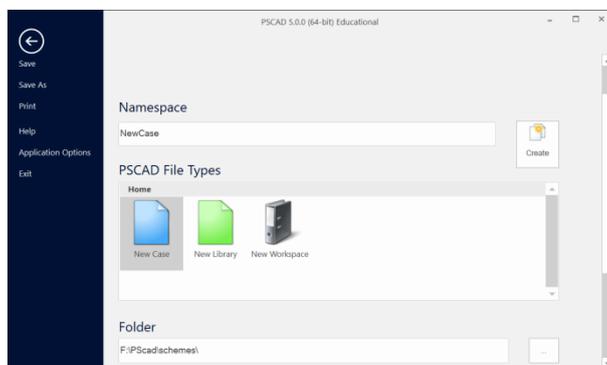


Рисунок 1. Создание нового проекта в ПС PSCAD.

После создания проекта была сформирована схема двухмашинной энергосистемы (рис. 2.).

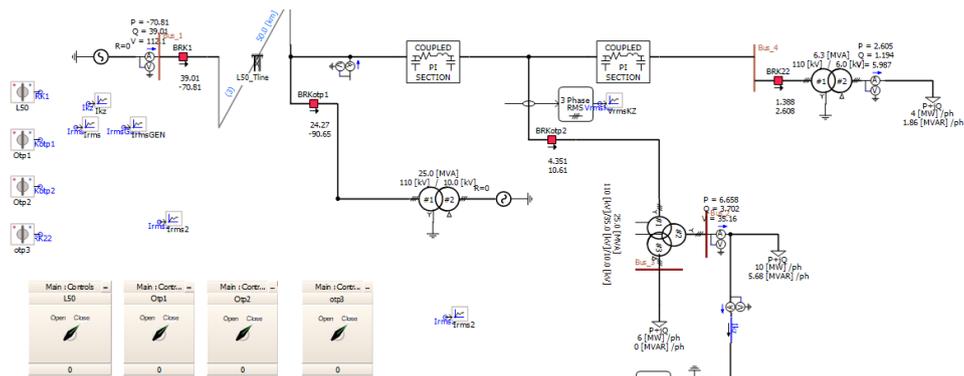


Рисунок 2. Исходная модель схемы в ПС PSCAD.

На схеме роль второй «машины» выполняют 4 параллельно работающих генератора, которые при построении модели были заменены на источник. Основные компоненты, которые использовались при моделировании схемы двухмашинной энергосистемы (рисунок 3):

- «машины»(заменены источниками) (вкладка SOURCES);
- Нагрузка (вкладка Passive Elements);
- трансформаторы (вкладка Transformres);
- линии электропередачи (вкладка Transmission Line);
- PI секции (вкладка PI SECTIONS);
- выключатели (вкладка BREAKERS & FAULTS).

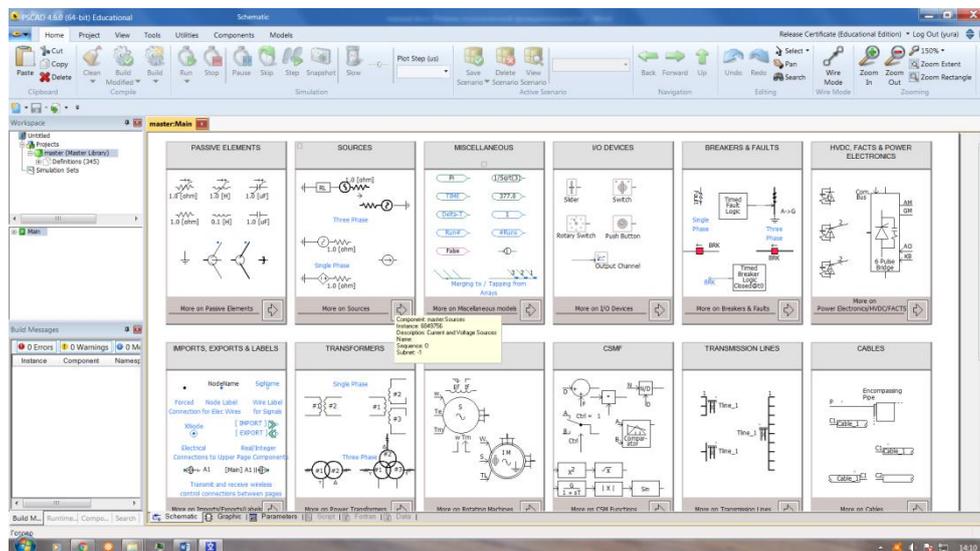


Рисунок 3. Библиотека компонентов ПС PSCAD.

Следующий этап работы – присвоение параметров для каждого элемента. В задании на моделирование были заданы следующие значения исходных данных, отраженные ниже.

Исходные данные для расчетов было принято решение задать следующими:

Трансформатор Т1 типа ТДН 25000-110/10: Номинальная мощность, $SHOM = 25$ МВА, Напряжение короткого замыкания, $U_k = 10,5\%$; Регулирование под нагрузкой, РПН, $\pm 9 \times 1,78\%$;

Трансформаторы Т2 типа ТДТН-25000/110/35/10: Номинальная мощность, $SHOM = 25$ МВА; Напряжение короткого замыкания между высшей и средней обмоткой, $U_{kВН-СН}$, $10,5\%$; Напряжение короткого замыкания между высшей и низшей обмоткой, $U_{kВН-НН}$, $17,5\%$; Напряжение короткого замыкания между средней и низшей обмоткой, $U_{kСН-НН}$, $6,5\%$; Регулирование под нагрузкой, РПН, $\pm 9 \times 1,78\%$;

Трансформатор ТЗ типа ТДН 6300-110/6: Номинальная мощность, $S_{НОМ} = 6,3$ МВА, Напряжение короткого замыкания, $U_{к} = 10,5$ %; Регулирование под нагрузкой, РПН, $\pm 9 \times 1,78$ %; Энергосистема: Напряжение системы, $U_{С} = 115,7$ кВ; Ток трехфазного короткого замыкания, $I_{с1}^{(3)} = 5,1$ кА;

После выполнения задания параметров элементов модели было принято решение проверить аварийный режим работы, а именно - при трехфазном коротком замыкании на стороне среднего напряжения трансформатора Т2. Осциллограмма, полученная в результате моделирования представлена на рисунке 4. Время короткого замыкания было задано – 0,05 с.

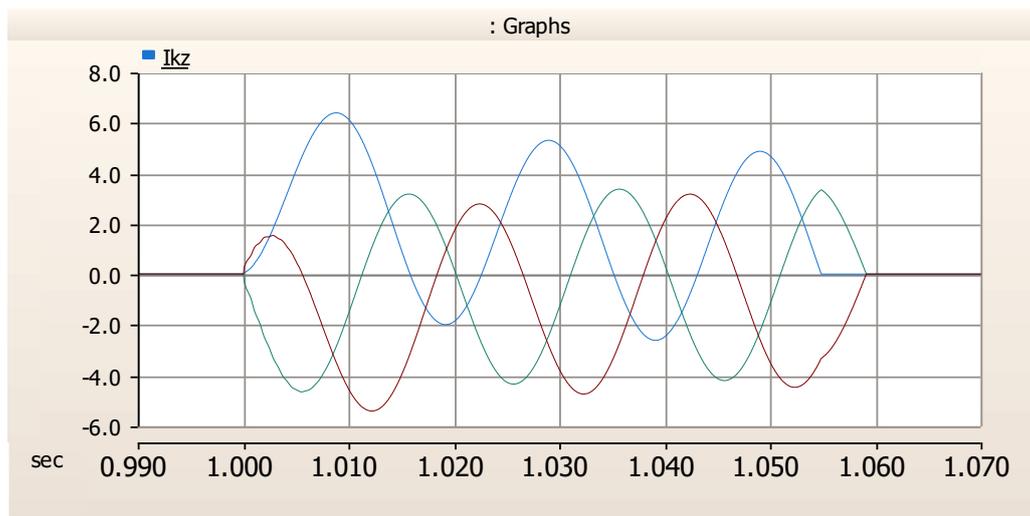


Рисунок 4. Осциллограмма трехфазного короткого замыкания в ПС PSCAD.

Важно отметить, что системы управления и отображения PSCAD обеспечивают возможность глубокого взаимодействия с моделируемой системой. Это позволило нам оперативно управлять событиями и параметрами модели, наблюдать за реакцией модели на разнообразную информацию, отображаемую на экране. Это способствовало лучшему пониманию процессов в сложных системах и быстрому достижению поставленных целей.

В рамках работы была построена модель двухмашинной энергосистемы в программной среде PSCAD. Представлено описание среды, в которой проводилось моделирование, рассмотрен процесс создания модели, описаны параметры энергосистемы, способы их задания, был проведен тест аварийного режима работы - при трехфазном коротком замыкании на стороне среднего напряжения трансформатора Т2. и получен график изменения тока трехфазного короткого замыкания.

Исходя из проделанных исследований, можно сделать вывод о том, что программа PSCAD оказалась эффективным инструментом для моделирования и анализа работы энергосистем. Она предоставила нам возможность глубокого взаимодействия с моделируемой системой, что позволило нам лучше понять процессы, происходящие в сложных энергетических системах, и быстро достигнуть поставленных целей.

1. Описание программного продукта научно-исследовательского центра "Manitoba HVDC Research Centre" URL:<https://www.pscad.com/uploads/ck/files/PSCADRussian20121201.pdf> (дата обращения: 13.11.2023).

Сагиров В.Р.

Применение программной среды PSCAD с целью проверки проведенных расчетов

ФГБОУ ВО «КГЭУ» Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-843

Аннотация

В работе была сформирована модель энергосистемы, заданы, описаны ее параметры, а также представлено описание программной среды PSCAD. Изначальной целью было проверить возможность применения программной среды PSCAD для проверки проведенных расчетов. С целью придания работе большей объективности модель энергосистемы была дополнительно построена в САПР EnergyCS TK3 от компании «СиСофт Девелопмент». Был сделан вывод о том, что программная среда PSCAD может быть использована студентами для проверки точности проведенных ими расчетов.

Ключевые слова: PSCAD, имитационная модель, EnergyCS TK3.

Abstract

In this work, a model of the power system was formed, its parameters were set, described, and a description of the PSCAD software environment was presented. The initial goal was to check the possibility of using the PSCAD software environment to verify the calculations performed. In order to make the work more objective, the power system model was additionally built in CAD EnergyCS TKZ from the company "SeaSoft Development". It was concluded that the PSCAD software environment can be used by students to verify the accuracy of their calculations.

Keywords: PSCAD, simulation model, EnergyCS TK3.

Сформированная схема моделируемой энергосистемы представлена на рис. 2.

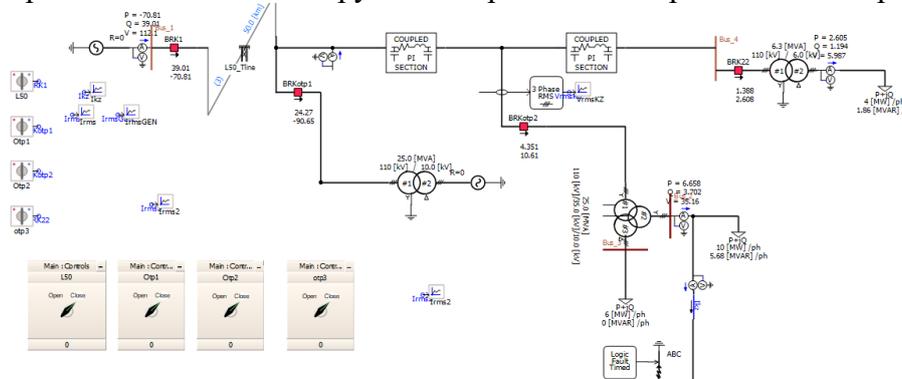


Рисунок 2. Исходная модель схемы в ПС PSCAD.

На схеме 4 параллельно работающих генератора на этапе формирования имитационной модели были заменены на идеальный источник. В ходе построения применялись элементы из внутренней библиотеки программного комплекса (ПК). Основные компоненты, которые использовались при построении однолинейной схемы (рисунок 3):

- генераторы(заменены источниками) (вкладка SOURCES);
- Нагрузка (вкладка Passive Elements);
- трансформаторы (вкладка Transformes);
- линии электропередачи (вкладка Transmission Line);
- PI секции (вкладка PI SECTIONS);
- выключатели (вкладка BREAKERS & FAULTS).

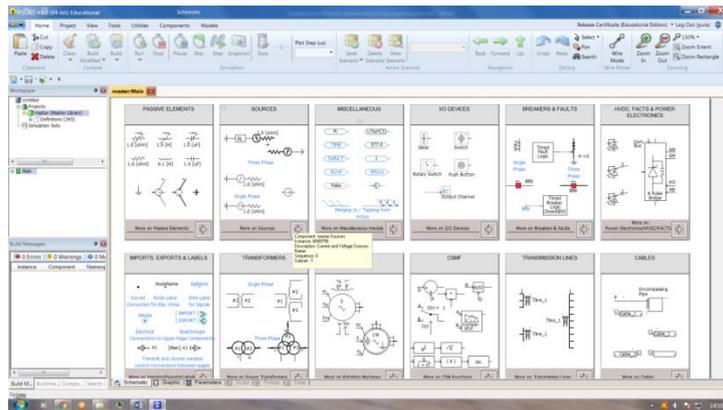


Рисунок 3. Библиотека компонентов ПС PSCAD.

Следующий этап работы – присвоение параметров для каждого элемента. В задании на моделирование были заданы следующие значения исходных данных, отраженные ниже.

Исходные данные для расчетов было принято решение задать следующими:

Трансформатор Т1 типа ТДН 25000-110/10: Номинальная мощность, $S_{НОМ} = 25$ МВА, Напряжение короткого замыкания, $U_k = 10,5\%$; Регулирование под нагрузкой, РПН, $\pm 9 \times 1,78\%$;

Трансформаторы Т2 типа ТДТН-25000/110/35/10: Номинальная мощность, $S_{НОМ} = 25$ МВА; Напряжение короткого замыкания между высшей и средней обмоткой, $U_{кВН-СН}$, $10,5\%$; Напряжение короткого замыкания между высшей и низшей обмоткой, $U_{кВН-НН}$, $17,5\%$; Напряжение короткого замыкания между средней и низшей обмоткой, $U_{кСН-НН}$, $6,5\%$; Регулирование под нагрузкой, РПН, $\pm 9 \times 1,78\%$;

Трансформатор Т3 типа ТДН 6300-110/6: Номинальная мощность, $S_{НОМ} = 6,3$ МВА, Напряжение короткого замыкания, $U_k = 10,5\%$; Регулирование под нагрузкой, РПН, $\pm 9 \times 1,78\%$;

Энергосистема: Напряжение системы, $U_C = 115,7$ кВ; Ток трехфазного короткого замыкания, $I_{с1}^{(3)} = 5,1$ кА;

Данные одного из четырех параллельно работающих генераторов (заменены на источник): Активная мощность генератора, $P = 5$ МВт; Коэффициент мощности (загрузки) каждого генератора, $\cos(\varphi) = 0,8$; Сверхпереходное сопротивление генератора, $X'_d = 0,18$ о.е.

После выполнения задания параметров элементов модели было принято решение проверить схождение/расхождение собственных расчетов при аварийном режиме работы, а именно - при трехфазном коротком замыкании на стороне среднего напряжения трансформатора Т2. Осциллограмма начального периодического действующего значения трехфазного тока КЗ, полученная в результате моделирования представлена на рисунке 4.

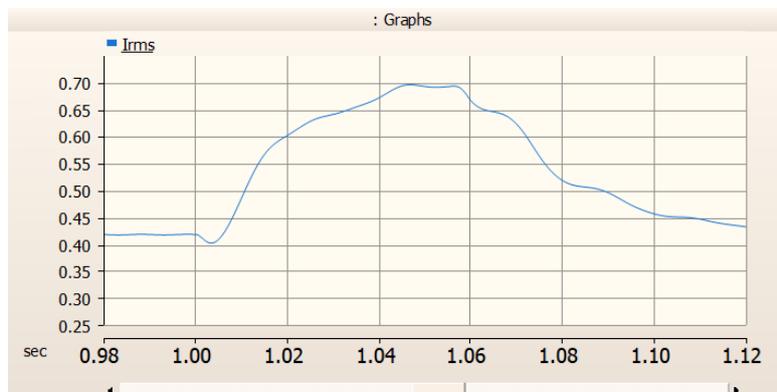


Рисунок 4. График изменения начального периодического действующего значения трехфазного ТКЗ в ПС PSCAD.

Схема замещения прямой последовательности (ПП) для расчета в точке К5 представлена на рисунке 5.

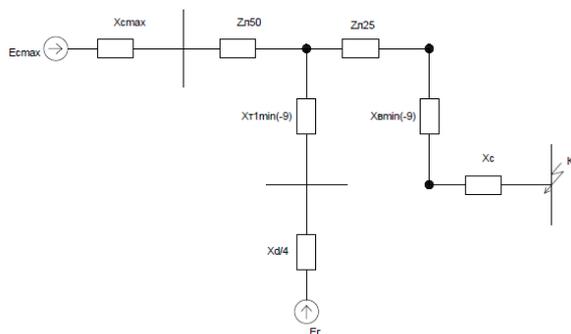


Рисунок 5. Схема замещения ПП для РТКЗ.

Для автора было важно получить схождение/расхождение итогового значения тока КЗ в точке К5, поэтому расчет представлен в несколько упрощенном виде. Расчет проводился в соответствии с методикой, изложенной в [2]. Для этого был принят ряд допущений, описанный далее. При расчете токов коротких замыканий в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ допускается:

- 1) не учитывать сдвиг по фазе ЭДС различных синхронных машин и изменение их частоты вращения, если продолжительность КЗ не превышает 0,5 с;
- 2) не учитывать межсистемные связи, выполненные с помощью электропередачи постоянного тока;
- 3) не учитывать поперечную емкость воздушных линий электропередачи напряжением 110-220 кВ, если их длина не превышает 200 км, и напряжением 330-500 кВ, если их длина не превышает 150 км;
- 4) не учитывать насыщение магнитных систем электрических машин;
- 5) не учитывать ток намагничивания трансформаторов и автотрансформаторов;
- 6) не учитывать влияние активных сопротивлений различных элементов исходной расчетной схемы на амплитуду периодической составляющей тока КЗ, если активная составляющая результирующего эквивалентного сопротивления расчетной схемы относительно точки КЗ не превышает 30 % от индуктивной составляющей результирующего эквивалентного сопротивления;

Суммарный ток КЗ, от подпитывающих источников и потенциал за эквивалентным сопротивлением равен: $I_{\text{ЭКВК5}}^{(3)} = 0,88 \text{ кА}$, $\varphi_1 = 42,05 \text{ кВ}$.

Значение тока КЗ от энергосистемы 1 находим по следующей формуле:

$$I_{\text{с1К5макс}}^{(3)} = \frac{\frac{E_{\text{с1max}}}{\sqrt{3}} - \varphi_1}{X_{\text{с1maxл50}}} = \frac{\frac{115,7}{\sqrt{3}} - 42,05}{(12,45 + j34,45)} = 0,68 \text{ кА}$$

Полученное значение отличается от ПС PSCAD на 0,01, что составляет 1,4% погрешности.

Для объективности был реализован расчет трехфазного КЗ в ПК EnergyCS ТКЗ, представленный на рисунке 6.

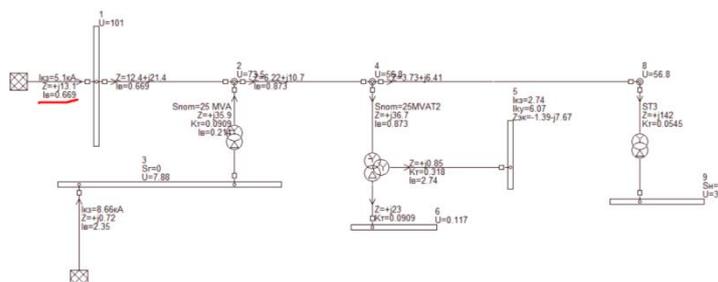


Рисунок 6. Проверка сходимости расчетов в ПК EnergyCS ТКЗ.

В результате сравнения полученных результатов с данными, полученными в ПС PSCAD, было обнаружено незначительное отличие всего на 0,01, что составляет погрешность всего в 1,4%. Для обеспечения полноты и надежности результатов, проведенные расчеты были также сравнены с данными, полученными с использованием ПК EnergyCS ТКЗ. Полученные результаты показали, что расхождение между результатами из разных источников незначительное и не превышает 5%. Это подтверждает, что программа PSCAD является достоверным инструментом для проведения и проверки точности расчетов в условиях аварийных режимов работы энергосистем. Таким образом, можно сделать вывод о пригодности данного программного комплекса для использования студентами и специалистами в области энергетики.

1. ГОСТ Р 52735–2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ.— Введ. 2008–07–01.— М. : Стандартинформ, 2008.— 36 с.

Шестакова Л.А.

Теплоизоляция для зданий и сооружений

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-844

Аннотация

Рассмотрены различные типы теплоизоляционных материалов и выделены основные категории в зависимости от их применения. Проведен анализ характеристик и свойств материалов, позволяющий определить их оптимальное применение в различных теплоизоляционных задачах.

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, классификация, функциональное назначение, свойства материалов, теплоизоляция.

Abstract

Various types of thermal insulation materials are considered and the main categories are identified depending on their application. The analysis of the characteristics and properties of materials is carried out, which makes it possible to determine their optimal use in various thermal insulation tasks.

Keywords: thermal insulation materials, classification, functional purpose, properties of materials, thermal insulation.

Теплоизоляционные материалы предназначены для создания эффективных барьеров, которые способны удерживать тепло в помещении или, наоборот, предотвращать проникновение холода. Выбор подходящего теплоизоляционного материала зависит от конкретных требований, бюджета и условий стройплощадки. Правильно выбранный материал поможет сэкономить энергию, обеспечит комфортное микроклиматическое условие и продлит срок службы здания или сооружения. Важно учитывать местные климатические особенности и регулирования при выборе и установке теплоизоляционных материалов. Рассмотрим первую классификацию по месту применения теплоизоляционных материалов при строительстве зданий и сооружений, представленную в таблице №1.

Таблица 1

Классификация по месту применения теплоизоляционных материалов.

<i>Место применения теплоизоляции</i>	<i>Теплоизоляционные материалы</i>
<i>Теплоизоляция для утепления стен</i>	<i>Этот тип теплоизоляции предназначен для создания эффективной тепловой защиты стен зданий. Он может быть использован как внутри, так и снаружи стен. Типичными материалами в этой категории являются минеральная вата, пенопласт, экструдированный пенополистирол и пенополиуретан. Они обеспечивают хорошую теплоизоляцию и защищают стены от теплопотерь.</i>
<i>Теплоизоляция для утепления крыши</i>	<i>Крыша - одно из наиболее уязвимых мест для потери тепла. Теплоизоляционные материалы в этой категории создают эффективную барьерную защиту от потери тепла через крышу. Классическими материалами для утепления кровли являются минеральная вата, пенопласт и пенополиуретан.</i>
<i>Теплоизоляция для утепления пола</i>	<i>Утепление пола играет важную роль в создании комфортных условий внутри зданий. Теплоизоляционные материалы для пола обычно устанавливаются под напольным покрытием. Материалы, такие как расширенный полистирол (пенопласт) и минеральная вата, широко используются для этой цели.</i>
<i>Теплоизоляция для труб и систем отопления</i>	<i>Эта категория теплоизоляции предназначена для предотвращения потери тепла в системах отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования воздуха. Обычно для изоляции труб используются материалы на основе пенополиуретана, каучука или минеральной ваты.</i>
<i>Теплоизоляция для фасадов и внешних стен.</i>	<i>Фасадные системы требуют эффективной теплоизоляции, чтобы обеспечить энергосбережение и сохранение тепла внутри здания. В этой категории используются различные виды материалов, такие как минеральная вата, пенопласт, и даже теплоизоляционные штукатурки.</i>
<i>Теплоизоляция для подвалов и подземных помещений.</i>	<i>Подземные помещения нуждаются в особой теплоизоляции из-за повышенной влажности и потенциальных проблем с конденсацией. Теплоизоляционные материалы для подвалов, такие как экструдированный пенополистирол или специальные гидроизоляционные материалы, помогают предотвратить теплопотери и влагонепроницаемость.</i>

Рассмотрим еще одну таблицу классификации по функциональному назначению. (таблица 2)

Таблица 2

Классификация по функциональному назначению теплоизоляционных материалов.

<i>Функциональное Назначение</i>	<i>Примеры Теплоизоляционных Материалов</i>
<i>Сохранение Тепла</i>	<i>- Минеральная вата</i>
	<i>- Пенополистирол (пенопласт)</i>
<i>Предотвращение Перегрева</i>	<i>- Полиуретановая пена</i>
	<i>- Рефлективные барьеры</i>
<i>Звукоизоляция</i>	<i>- Утеплительные окна и двери</i>
	<i>- Минеральные ваты</i>
	<i>- Пенополистирол (пенопласт)</i>

Теплоизоляционные материалы применяются для уменьшения тепловых потерь в окружающую среду в различных областях, включая строительство жилых и промышленных зданий, а также в тепловых агрегатах и трубопроводах. Эти материалы характеризуются низкой теплопроводностью, высокой пористостью, невысокой плотностью и прочностью. Их использование позволяет снизить толщину и массу строительных конструкций, что в свою очередь уменьшает расход основных стройматериалов, транспортные расходы и общую стоимость строительства. Кроме того, теплоизоляционные материалы способствуют сокращению расхода топлива для отопления зданий. Многие из этих материалов также обладают звукоизоляционными свойствами благодаря высокой пористости, что делает их ценными для применения в качестве акустических изоляционных материалов.

Органические теплоизоляционные материалы производятся из растительного сырья, такого как древесина, камыш, торф и другие. Эти материалы могут быть подвержены различным проблемам, таким как гниение, порча насекомыми и возгорание, поэтому они часто обрабатываются специальными антисептиками и антипиренами, чтобы улучшить их долговечность и огнестойкость. Органические теплоизоляционные материалы включают в себя различные виды плит, а также пенопласты.

Кроме органических материалов, существует также широкий спектр неорганических теплоизоляционных материалов и изделий, таких как арболитовые изделия, пенополивинилхлорид, пенополиуретан и другие. Арболитовые изделия изготавливаются из портландцемента и органических коротковолокнистых компонентов, таких как древесные опилки и камыш. Эти материалы могут иметь различную плотность и обладать хорошей теплоизоляцией и механической прочностью. Пенополивинилхлорид может быть как эластичным, так и твердым материалом, который обеспечивает хорошую изоляцию при разных температурных условиях. Это всего лишь некоторые из множества теплоизоляционных материалов, доступных на рынке сегодня, и их классификация по различным характеристикам имеет большое значение при выборе подходящего материала для конкретного применения.

Различные теплоизоляционные материалы имеют разные свойства и характеристики, которые делают их подходящими для различных применений. Для удобства классификации теплоизоляционные материалы можно разделить на несколько основных групп. (Таблица 3)

Таблица 3

Классификация по функциональному назначению теплоизоляционных материалов.

<i>Группы классификации</i>	<i>Теплоизоляционные материалы</i>
<i>По структуре</i>	<i>Волокнистые: например, минераловатные и стекловолоконные материалы</i>
	<i>Зернистые: например, перлитовые и вермикулитовые изделия.</i>
	<i>Ячеистые: например, изделия из ячеистых бетонов и пеностекло.</i>
	<i>Сыпучие: например, минераловатная вата, перлитовый песок, вермикулит.</i>
<i>По содержанию связующего вещества</i>	<i>Содержащие связующее вещество.</i>
	<i>Не содержащие связующего вещества.</i>
<i>По возгораемости</i>	<i>Несгораемые.</i>
	<i>Трудногораемые.</i>
	<i>Сгораемые.</i>
<i>По форме и внешнему виду</i>	<i>Жесткие штучные материалы: плиты, скорлупы, сегменты, кирпичи, цилиндры и другие.</i>
	<i>Гибкие штучные материалы: маты, шнуры, жгуты.</i>
	<i>Рыхлые и сыпучие материалы: минераловатная вата, перлитовый песок, вермикулит и др.</i>
<i>По плотности</i>	<i>Особо легкие (ОЛ).</i>
	<i>Легкие (Л).</i>
	<i>Тяжелые (Т).</i>

<i>По жесткости (относительной деформации)</i>	<i>Мягкие (М).</i>
	<i>Полужесткие (П).</i>
	<i>Жесткие (Ж).</i>
	<i>Повышенной жесткости (ПЖ).</i>
	<i>Твердые (Т).</i>
<i>По теплопроводности</i>	<i>Класс А (низкая теплопроводность).</i>
	<i>Класс Б (средняя теплопроводность).</i>
	<i>Класс В (повышенная теплопроводность).</i>
<i>По назначению</i>	<i>Теплоизоляционно-строительные материалы (для утепления строительных конструкций).</i>
	<i>Теплоизоляционно-монтажные материалы (для тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов).</i>

Важно учитывать требования к конкретному применению, чтобы выбрать подходящий тип теплоизоляционного материала, учитывая теплопроводность, огнестойкость, стойкость к воздействию влаги и другие факторы. Каждая из категорий теплоизоляционных материалов имеет свои уникальные характеристики и преимущества, что делает их подходящими для различных ситуаций. Выбор подходящего материала зависит от конкретных требований и условий эксплуатации.

1. Ананьев А.И. Научно-технические основы повышения теплозащитных качеств и долговечности наружных ограждающих конструкций зданий из штучных материалов. Автореф. дис. докт. техн. наук.-М., НИИСФ, 1998.

РАЗДЕЛ XXVIII. ФИЗИКА

Кошман В.С.

О невозможности проверки надежности темной энергии посредством измерения реликтового излучения*Пермский государственный аграрно – технологический университет
(Россия, Пермь)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-845

Аннотация

В статье в развитие идеи горячего начала мира обозначены контуры описания расширяющейся от планковского времени с охлаждением Вселенной. Приведены аргументы, что результаты измерений реликтового излучения не подтверждают существование темной энергии.

Ключевые слова: модели эволюции Вселенной, принцип Маха, гравитационное поле, электромагнитное поле, темная энергия, законы физики, планковские величины.

Abstract

In development of the idea of a hot beginning of the world, the article outlines the outlines of a description of the Universe expanding from Planck time with cooling. Arguments are given that the results of measurements of the cosmic microwave background radiation do not confirm the existence of dark energy.

Keywords: models of the evolution of the Universe, Mach's principle, gravitational field, electromagnetic field, dark energy, laws of physics, Planck quantities.

Введение. Модели природных процессов призваны отражать главное в реальном, не обращать внимание на детали, которые для свойств или явлений несущественны. Если модели обладают и высокой точностью, то их практическая значимость возрастает, поскольку позволяет не только качественно, но и количественно описать явления [12]. Д. Поппер различает предположения и предположения, доказательные рассуждения и правдоподобные рассуждения. Доказательными рассуждениями являются математические доказательства, которые «сами по себе...не способны давать существенные новые знания об окружающем нас мире. Все новое, что мы узнаем о мире связано с правдоподобными рассуждениями». Вместе с тем, при обращении к обучающимся отмечается, что «вы должны догадаться об идее доказательства, прежде чем проводить его в деталях. Вы должны сопоставлять наблюдения и следовать аналогиям...доказательство открывается с помощью правдоподобного рассуждения, с помощью догадки...» [11, с. 14 - 15].

Полная космологическая теория ранней Вселенной пока не построена. Со временем в науке о Вселенной меняется лидерство центральных проблем. Ниже выделим основополагающую идею А. Эйнштейна, результаты космологических решений А. А. Фридмана и Г. А. Гамова, догадки М. Планка и Б. Цвибаха, противоречия в познаваемой сфере, сопоставим факты и идеи. Целью данной статьи является поиск адекватных природе решений.

Основополагающая идея А. Эйнштейна, результаты решений А. А. Фридмана и Г. А. Гамова и XXI век. При построении ОТО А. Эйнштейн (1920 г.), решая задачу в статике, в край угла ставит принцип Маха, благодаря которому, «в противовес механике Ньютона и Галилея, замыкается причинная цепь механических явлений. Чтобы развить эту идею в рамках современной теории действия через среду, свойства пространственно – временного континуума, определяющие инерцию, должны рассматриваться как полевые свойства пространства, аналогично электромагнитному полю» [20, с. 44]. В том же году, А. А. Фридман [14], изучая динамику атмосферы, отмечает «сложность построения уравнений притока

энергии» к турбулентному потоку и учитывает изменчивость его характеристик по времени. В 1922 году Фридман исследует дифференциальные уравнения теории относительности и показывает [15], что наша однородная и изотропная Вселенная не стационарна. Идея расширения Вселенной находит подтверждение в результатах астрономических наблюдений. Г. А. Гамов предсказывает наличие остаточного фотонного излучения и его температуру. Электромагнитное реликтовое излучение действительно установлено аппаратно. Продолжается поиск космологических моделей, так как «предоставляется дополнительная возможность проверить конкретную модель, сравнить ее предсказания с наблюдениями» [22].

В 1998 году на основании результатов наблюдений далеких сверхновых звезд типа Ia был сделан вывод об ускоренном расширении Вселенной. Это нашло объяснение и доминирование во Вселенной темной энергии (вид энергии с отрицательным давлением). «Ни в первой своей космологической работе, ни позднее Эйнштейн не говорит об антитяготении, вакууме, темной энергии...» [17, с. 229]. Построение же линейки энергий: «темная энергия (74 %) – темная материя (22 %) – межгалактический газ (3,6 %) – звезды и пр. (0,4 %)» [1, 21 и др.] практически равносильно отказу от решения древней загадки «тяготение» и/или проблемы физической сущности феномена «гравитация».

Уже в древности ученые стремились увидеть простое в сложном, причем, принимая простоту за критерий истины, также стремились, по возможности, найти простые соотношения в процессах и явлениях природы, выразить устанавливаемые закономерности простыми формулами. В античные времена Аристотель считал тяжесть стремлением тел «подлунного мира» к их естественным местам, а Платон полагал тяжесть стремлением родственных тел к соединению. Эту точку зрения в эпоху Возрождения поддержал Н. Коперник, в гелиоцентрической системе которого Земля считалась лишь одной из планет. И. Ньютон первым догадался, что гравитация действует между двумя любыми телами во Вселенной [23]. Эйнштейн подходит к гравитационному полю Вселенной по аналогии с ее электромагнитным полем. Фридман привносит идею наблюдаемого в природе движения в теорию Вселенной. Гамов – в развитие идеи первичного атома Ж. Леметра – «предложил идею «горячего» начала мира. Тем самым, в космологию была привнесена термодинамика, а с нею и ядерная физика, так как с самого начала предполагалось, что в горячем и плотном веществе ранней Вселенной должны были происходить ядерные реакции, определившие наблюдаемый химический состав космической среды» [18].

Догадки М. Планка и Б. Цвибаха. На рубеже XIX и XX веков Планк, решая проблему излучения абсолютно черного тела, в один ряд с гравитационной постоянной G_H и скоростью распространения света в вакууме c ставит свой элементарный квант действия h и постоянную Больцмана k_B . Обобщая результаты аналитического описания гравитационного и электромагнитного полей, Планк устанавливает [10] естественные (данные самой природой) единицы длины $L_{pl} = \left(\frac{h \cdot G_H}{c^3}\right)^{1/2} = 10^{-35}$ м, массы $m_{pl} = \left(\frac{h \cdot c}{G_H}\right)^{1/2} = 10^{-8}$ кг, времени $t_{pl} = \left(\frac{h \cdot G_H}{c^5}\right)^{1/2} = 10^{-43}$ сек и температуры $T_{pl} = \frac{1}{k_B} \left(\frac{h \cdot c^5}{G_H}\right)^{1/2} = 10^{32}$ К. К настоящему времени планковские величины связывают с границами ОТО.

Б. Цвибах [16, с. 88] при построении варианта теории квантовой гравитации определяет мировую константу G_H расчетным путем:

$$G_H = \frac{L_{pl}^3}{m_{pl} t_{pl}^2} = \frac{(10^{-35})^3}{10^{-8} \cdot (10^{-43})^2} = 10^{-11} \frac{м^3}{кг \cdot с^2}. \quad (1)$$

Аналогично определяются скорость распространения света в вакууме $c = \frac{L_{pl}}{t_{pl}} = \frac{10^{-35}}{10^{-43}} = 10^8$ м/с, постоянная Планка $h = U_{pl} \cdot t_{pl} = 10^9 \cdot 10^{-43} = 10^{-34}$ Дж · с и постоянная Больцмана $k_B = \frac{U_{pl}}{T_{pl}} = \frac{10^9}{10^{32}} = 10^{-23}$ Дж/К.

Физические законы. Взгляды на свод физических законов неоднозначны. Одни авторы полагают, что законы физики справедливы для всех времен и культур [10],

представляют собой объективно существующие закономерности внешнего мира [6], физические законы – ключ познания природных процессов и явлений. Другие авторы, с одной стороны, утверждают, что установленные в конкретной точке Вселенной законы физики являются приближенными и имеют ограниченную область применимости, а с другой, отмечают наличие трудностей при эмпирической проверке теории явлений, связанных с расширением Вселенной. Авторы [19, с. 235] сообщают, что «новая ситуация в космологии стимулирует тщательную проверку фундаментальных физических законов на микро – и макромасштабах одновременно». Но здесь примечательна позиция Э. Маха [9, с. 425]: «всякое нарушение законов природы легко может быть в таком случае объяснено неправильностью наших воззрений на природу...по происхождению своему «законы природы» суть ограничения, которые мы предписываем нашим ожиданиям по указаниям опыта». Иными словами, познать – «Это значит суметь понять закономерности тех или иных явлений, процессов, изучаемых определенной наукой» [4, с. 6 – 7].

Возьмем, к примеру, установленный Ньютоном в виде математической формулы $F_{пр} = G_H \frac{m_i \cdot m_j}{r_{ij}^2}$ закон всемирного тяготения. С учетом решения (1) он вне даже самых смелых ожиданий принимает вид

$$\frac{F_{пр}}{F_{pl}} = \frac{m_i}{m_{pl}} \frac{m_j}{m_{pl}} \left(\frac{L_{pl}}{r_{ij}} \right)^2. \quad (2)$$

(здесь F_{pl} – планковская сила, $F_{pl} = m_{pl} \frac{L_{pl}}{t_{pl}^2} = 10^{43}$ ньютонов). Установленный

Ньютоном закон гравитации говорит следующее. Безразмерная планковская сила, с которой две элементарные частицы притягиваются одна к другой, равна произведению их безразмерных планковских масс, умноженному на величину, обратную квадрату безразмерного планковского расстояния между ними.

Построенная Ньютоном модель всемирного тяготения (2) обладает тем удивительным свойством, что она дает новое знание об объекте – оригинале. Всемирное тяготение возникает на планковском масштабе времени. Речь идет об элементарных частицах в той связи, что на планковское время $t_{pl} = 10^{-43}$ сек огромные тяготеющие тела еще отсутствуют. Однако уже существует мизерный сгусток материи с планковскими объемом $V_{pl} = L_{pl}^3 = 10^{-105} \text{ м}^3$, температурой $T_{pl} = 10^{32} \text{ К}$, энергией $U_{pl} = 10^9 \text{ Дж}$, частотой $\nu_{pl} = 10^{43} \text{ с}^{-1}$. Этот первичный весьма радиоактивный атом, имеющий массу $m_{pl} = 10^{-5} \text{ г}$, мгновенно распадается на части, что и отражено в формуле (2). Закон всемирного тяготения (2) не подсказывает нам однозначно из каких элементарных частиц и когда сформировались объемные материальные тела. Однако в нем $F_{пр}$ есть центральная сила. И звезды, и планеты, и спутники планет, и, пожалуй, сама расширяющаяся с охлаждением Вселенная имеют сферическую форму. Схема расширения Вселенной приведена на рисунке 1.

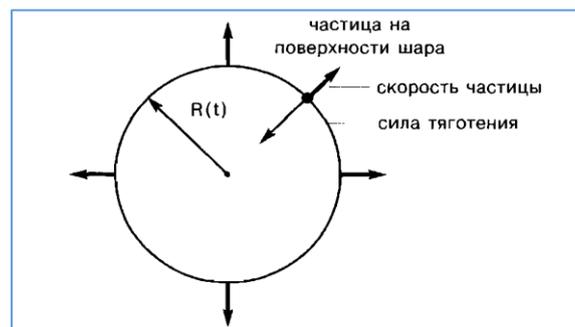


Рисунок 1. Расширяющийся однородный шар [17, с. 208]

В теории гравитации Ньютона выполняется принцип Маха, согласно которому «материальная точка при неускоренном движении движется не относительно пространства, а

относительно центра всех прочих масс во Вселенной» [20, с. 44]. Можно ли отнести изложенное к правдоподобным рассуждениям?

Обсуждая особенности эволюции системы идей гравитационной теории, О. Гекман [3] противопоставляет ей «модель конечной бомбы, взрывающейся в совершенно пустом пространстве», а также отмечает: «Большой неожиданностью было открытие в 1965 г. изотропного фонового космического излучения, близкого к чернотельному излучению с температурой 3 К. Оно находит теоретическое объяснение в начальной сингулярности (big bang), или первоначальном взрыве, фигурирующем в большинстве космологических моделей. Это обстоятельство, наряду с законом расширения Хаббла, является доводом в пользу космологии, основанной на эйнштейновской теории». Сегодня Интернет сообщает [21]: «По состоянию на 2020 год надежные наблюдательные данные, такие как измерения реликтового излучения, подтверждают существование темной энергии». Какой из вариантов теории эволюции Вселенной поддерживает реликтовое излучение?

В измерениях с борта искусственных спутников Земли надежно установлено, что реликтовое излучение есть абсолютно черное тело, которое с высокой точностью создано самой природой. Планк (в согласии с лабораторным экспериментом) теоретически устанавливает формулу для колоколообразной кривой спектра излучения абсолютно черного тела [2, 13 и др.]:

$$\frac{du_\varepsilon}{dv} dv = \frac{d\left(\frac{U_\varepsilon}{V}\right)}{dv} dv = \frac{8\pi h^3 v^3 dv}{c^3} \frac{1}{e^{h \cdot v / k_B \cdot T} - 1}. \text{ Здесь } U_\varepsilon - \text{ энергия фотонного излучения, } V - \text{ объем,}$$

$u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V}$ - объемная плотность энергии фотонного излучения, v - частота фотона, T - температура излучения. Если принять во внимание решения Планка и Цвибаха, то закон Планка принимает [8] вид: $\frac{du_\varepsilon}{dv} = \frac{U_{\varepsilon pl}}{V_{pl} \cdot v_{pl}} \left(\frac{v}{v_{pl}}\right)^3 \frac{1}{e^{v \cdot T_{pl} / v_{pl} \cdot T} - 1}$. К числу свойств реликтового излучения относятся и следующие свойства:

- а) на планковское мгновение времени t_{pl} ныне реликтовое излучение отсутствует;
- б) достаточный для образования спектра излучения массив ныне реликтовых фотонов возникает вслед за планковским мгновением времени t_{pl} ;
- в) по мере расширения Вселенной с охлаждением интенсивность реликтового излучения понижается;

г) величина площади под кривой спектра реликтового излучения на координатной плоскости $\frac{du_\varepsilon}{dv} - v$ определяется по закону Стефана - Больцмана $u_\varepsilon = \frac{8\pi^5}{15} k_b \left(\frac{k_B}{c \cdot h}\right)^3 T^4$ [2, 13 и др.]. На установленный Й. Стефаном в эксперименте и Л. Больцманом теоретически закон $\frac{u_\varepsilon}{u_{\varepsilon pl}} = \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^4$ можно выйти, если, приняв во внимание его физический смысл, поделить $u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V} \propto T^4$ на $u_{\varepsilon pl} = \frac{U_{\varepsilon pl}}{V_{pl}} \propto T_{pl}^4$, где символ \propto означает пропорционально.

Для становления Вселенной (то есть совокупности массивов элементарных частиц - квантов энергии, - включая и барионы как строительный материал звезд) ей необходимо присвоить космологически огромное количество энергии $U_{\Sigma \text{всел}}$. В природе выделяются две подсистемы: Вселенная и окружающая ее космическая среда. В период термоядерных реакций Вселенная воспринимает ту энергию ($U_{\Sigma \text{всел}}$), которую высвобождает космическая среда ($U_{\Sigma \text{окр}}$). Взаимосвязь параметров взаимодействующих подсистем определяется законом сохранения и превращения энергии, выражаемым очевидным соотношением $U_{\Sigma \text{всел}} = U_{\Sigma \text{окр}}$. Если появление ныне реликтовых фотонов (и барионов) обусловлено радиоактивностью, то причину роста их числа \mathcal{N}_ε (и \mathcal{N}_b) - от планковской до нынешней космологически огромной, но конечной величины - следует искать в природе термоядерных реакций. С понижением температуры Вселенной до T_0 порядка 10^9 К [2, 6 и др.] достигается результат $\mathcal{N}_\varepsilon = \text{const}$ (и $\mathcal{N}_b = \text{const}$), далее с неуклонным понижением температуры T термоядерные реакции (при фиксированных температурах $T_{\text{ядр}}$) продолжают в звездах.

Барионы возникают естественным путем, они - как пассажиры в поезде - движутся как в едином порыве, так и друг относительно друга. Полагаем, рождению звезд предшествуют естественные отдельные скопления семейств барионов и последующее их гравитационное сжатие с образованием потоков фотонов от ядер сгорания водорода в гелий. В условиях действия закона всемирного тяготения (2) препятствия для образования звезд и галактик из достаточного по количеству исходного природного материала отсутствуют. Если $T_{\text{ядр}} \propto M_{\text{зв}}^{1/2} R_{\text{пов}}^{-1}$, а $T_{\text{пл}} \propto m_{\text{пл}}^{1/2} L_{\text{пл}}^{-1}$, то делим первое из соотношений на второе и получаем $\frac{T_{\text{ядр}}}{T_{\text{пл}}} = \left(\frac{M_{\text{зв}}}{m_{\text{пл}}}\right)^{1/2} \frac{L_{\text{пл}}}{R_{\text{пов}}}$. Иными словами, безразмерная планковская температура ядра звезды главной последовательности равна корню квадратному из безразмерной планковской массы звезды, умноженному на величину, обратную безразмерному планковскому радиусу ее наружной сферы.

Для модели Вселенной, заполненной излучением абсолютно черного тела, выделим формулы [8 и др.]:

$$n_{\epsilon} = \frac{\mathcal{N}_{\epsilon}}{V} = \frac{1}{V_{\text{пл}}} \left(\frac{T}{T_{\text{пл}}}\right)^3; \quad VT^3 = V_{\text{пл}} T_{\text{пл}}^3 \mathcal{N}_{\epsilon} \quad \text{и} \quad RT = L_{\text{пл}} T_{\text{пл}} \mathcal{N}_{\epsilon}^{1/3}, \quad (3)$$

(R – средний радиус сферы Вселенной), а на рисунке 2 покажем возможный ход кривых изменчивость ее объема V, температуры T, а также числа ныне реликтовых фотонов (квантов электромагнитного поля) \mathcal{N}_{ϵ} от времени t.

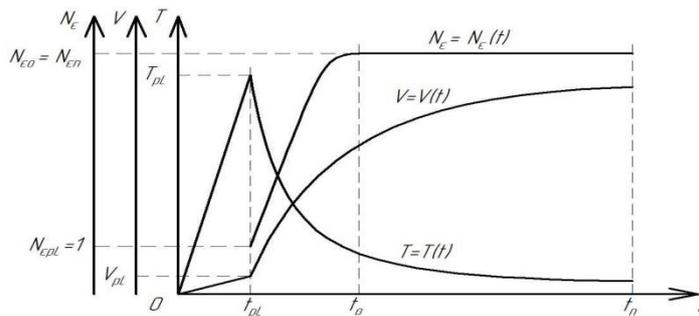


Рисунок 2. Возможный ход кривых $V = V(t)$, $T = T(t)$ и $\mathcal{N}_{\epsilon} = \mathcal{N}_{\epsilon}(t)$

Подстрочный индекс «О» соотносит характеристики (параметры сострания) Вселенной к окончанию периода ядерных реакций, а индекс «п» - к современной эпохе. Отрезок пути $0 \leq t \leq t_{\text{пл}}$ отвечает эпохе Планка. Отвечая формулам (3), приведенный на рисунке 2 ход кривых $V = V(t)$, $T = T(t)$ и $\mathcal{N}_{\epsilon} = \mathcal{N}_{\epsilon}(t)$ иллюстрирует надежно установленный факт расширение Вселенной с охлаждением. По последним оценкам возраст нашей Вселенной $t_n = 13,7$ млрд. лет, причем t_n отсчитывается от $t = 0$ сек. В этой схеме $t_{\text{пл}} = 10^{-43}$ сек $\neq 0$.

Отмечается [1, с. 224], что «в период от 1 сек до 200 сек от начала расширения Вселенной она представляла собой один сверхбольшой термоядерный реактор». Но, пожалуй, есть необходимое и достаточное основание расширить отмеченный авторами учебника временной интервал: $t_{\text{пл}} = 10^{-43}$ сек $< t \leq t_0 = 200$ сек. Как видно из рисунка 2, на данном этапе пути количество фотонов \mathcal{N}_{ϵ} и объем Вселенной V растут, а ее температура T снижается, причем изменчивость характеристик отвечает соотношению $VT^3 \propto \mathcal{N}_{\epsilon}$. И здесь вне разумной связки «Вселенная + окружающая ее космическая среда + закон сохранения и превращения энергии» вряд ли остается простор для различных мнений по вопросу объяснения роста массы/энергии Вселенной от планковской до ее современной величины. По завершению периода термоядерных реакций энергетическое взаимодействие между Вселенной и окружающей ее космической средой прекращается, количество реликтовых фотонов \mathcal{N}_{ϵ} сохраняется, объем Вселенной V продолжает расти, а ее температура T понижаться. Изменчивость данных характеристик отвечает уравнению адиабаты $V T^3 = \text{const}$. «При

адиабатическом расширении температура излучения падает по закону $T \propto R^{-1} \dots$ [18, с. 892] – см. (3). Условие $VT^3 \propto \mathcal{N}_\varepsilon$ столь существенно, что естественно ожидать расчет каскада термоядерных реакций в ранней Вселенной.

Интерес представляет и решение П. Девиса (1982 г.). Следуя традиции, заложенной Планком и Эйнштейном, Девис последовательно: а) выделяет физические явления гравитация и фотонное излучение; б) обращает внимание на тот факт, что теории гравитации Ньютона и Эйнштейна дают одну и ту же формулу для объемной плотности энергии гравитационного излучения u_g в функции от времени t ; в) определяет u_g в долях объемной плотности энергии чернотельного электромагнитного излучения u_ε как $u_g = \square \cdot u_\varepsilon$ и тем самым, реализует выход на формулу $k_B T = \left(\frac{\alpha_4 \cdot c^5 \cdot h^3}{G_H f} \right)^{1/4} \frac{1}{t^{1/2}}$ [5, с. 113]. Она же в согласии с решениями Планка и Цвибаха имеет вид: $\frac{T}{T_{pl}} = \frac{1}{f^{1/4}} \left(\frac{t_{pl}}{t} \right)^{1/2}$, где \square – весовая функция. В настоящее время ее величина порядка $f_n = \left(\frac{10^{32}}{1} \right)^4 \left(\frac{10^{-44}}{10^{18}} \right)^2 = 10^4$. При числовом значении $u_{\varepsilon n} = 10^{-14}$ Дж/м³ [5] для скрытого излучения его объемная плотность энергии $u_{gn} = f_n u_\varepsilon = 10^4 \cdot 10^{-14} = 10^{-10}$ Дж/м³, что, как и ожидалось, превышает величину плотности энергии видимого вещества $u_{bn} = 10^{-11}$ Дж/м³ [там же]. Поиск следов скрытого реликтового гравитационного газа продолжается [1 и др.].

Каково количество реликтовых фотонов на один кубический сантиметр объема нашей Вселенной $\mathcal{N}_{\varepsilon=1}$? Имеем величину $\mathcal{N}_{\varepsilon n,=1} = \frac{10^{-6}}{\frac{4\pi}{3} L_{pl}^3} \left(\frac{T_n}{T_{pl}} \right)^3 = \frac{10^{-6}}{\frac{4\pi}{3} (1,616 \cdot 10^{-35})^3} \left(\frac{2,725}{1,416 \cdot 10^{32}} \right)^3 = 403$ фотонов/см³. Если в 1 см³ на каждый из реликтовых фотонов приходится объем с линейным размером l_ε , то он оказывается равным $l_\varepsilon = 1,35$ мм. В спектре излучения абсолютно черного тела при изменении температуры T длина волны λ_{max} смещается таким образом, что произведение температуры T на длину волны λ_{max} остается постоянным: $T \lambda_{max} = T_{pl} L_{pl}$. В нашу эпоху $\lambda_{max,n} = L_{pl} \frac{T_{pl}}{T_n} = 10^{-32} \frac{10^{32}}{1} = 1$ мм. Согласно накопленным данным [2 и др.], температура реликтового излучения $T_n = 2,725$ К, величина $\mathcal{N}_{\varepsilon n,=1} = 410$ фотонов/см³, а максимум спектра реликтового излучения приходится на длину волны 1,87 мм. Оценка величины $\mathcal{N}_{\varepsilon n,=1}$ уже не может быть значительно улучшена в силу надежности решения $V T^3 = V_{pl} T_{pl}^3 \mathcal{N}_\varepsilon$.

На время окончания периода термоядерных реакций при $R_0 = 10^{18}$ м и $T_0 = 10^9$ К имеем $\mathcal{N}_{\varepsilon 0}^{1/3} = \frac{R_0}{L_{pl}} \frac{T_0}{T_{pl}} = \frac{10^{18}}{10^{-35}} \frac{10^9}{10^{32}} = 10^{30}$, то есть число реликтовых фотонов равно $\mathcal{N}_{\varepsilon 0} = 10^{90}$. С другой стороны, в наблюдаемом в телескопы грандиозном разлете тяготеющих масс по известным оценкам принимают участие порядка 10^{10} галактик по 10^{10} звезд каждая при средней массе звезды 10^{32} кг. Суммарная масса барионов (протонов, нейтронов) порядка $M_{bn} = 10^{10} \cdot 10^{10} \cdot 10^{32} = 10^{52}$ кг. При массе современного бариона $m_{bn} = 10^{-27}$ кг имеем число барионов $N_{bn} = \frac{M_{bn}}{m_{bn}} = 10^{79}$ [5]. В согласии с барион – фотонным отношением $\eta_{b\varepsilon} = \frac{N_b}{N_\varepsilon} = \left(\frac{m_b}{m_{pl}} \right)^{1/2}$ [7] при числовых значениях $N_{bn} = 10^{79}$ и $\eta_{b\varepsilon n} = \left(\frac{10^{-27}}{10^{-8}} \right)^{1/2} = 3 \cdot 10^{-10}$ – при « η желаемого порядка 5×10^{-10} » [2, с. 209] – количество реликтовых фотонов $N_{\varepsilon n} = \frac{N_{bn}}{\eta_{b\varepsilon n}} = 3 \cdot 10^{88}$, то есть почти $\mathcal{N}_{\varepsilon 0} = 10^{90}$. Параметры/характеристики состояния Вселенной взаимосвязаны между собой. «И, тем не менее, космология – это все же настоящая естественно – научная дисциплина, в которой главное – конкретные факты...» [17, с. 192].

Заключение. Как видим, реликтовое излучение поддерживает вариант теории эволюции Вселенной, в котором в условиях взаимодействия и движения Вселенной в изначально окружающую ее космическую среду справедливы закон сохранения и превращения энергии, начала термодинамики, закон всемирного тяготения, законы излучения абсолютно черного тела. Вселенную можно описать в терминах ограниченного числа взаимодействующих между собой элементарных частиц. Изотропия наблюдаемой Вселенной обусловлена

первичным подконтрольным гравитации хаосом в период термоядерных реакций, то есть в условиях естественного взаимодействия ранней весьма горячей Вселенной с изначально окружающей ее космической средой.

2. Алексеев С.О. Введение в общую теорию относительности. Ее современное развитие и приложение: учебное пособие / С. О. Алексеев, Е. А. Памятных, А. В. Урсулов, Д. А. Третьякова, К. А. Ранну. Екатеринбург: Изд – во Урал. ун – та. 2015. – 380 с.
3. Вайнберг С. Космология / пер. с англ. М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2013. - 608 с.
4. Гекман О. Эйнштейн и космология // В. Штоф, А. – М. М'Боу, Г. Кляре и др. Проблемы физики: классика и современность / пер. с нем. и англ. М.: Мир. 1982. С. 155 – 163.
5. Горстко А.Б. Познакомьтесь с математическим моделированием. М.: Знание. 1991. – 160 с.
6. Девис П. Случайная Вселенная / пер. с англ. М.: Мир. 1985. – 160 с.
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. О роли естественных единиц измерения Макса Планка в познании Вселенной // Многомерная гравитация и космология. Тезисы докладов международной школы – семинара. Ярославль. 20 – 26 июня 1994 г. Ярославский ГПУ. М. 1994. С. 22.
9. Кошман В.С. Физические законы излучения как ключ к выявлению космологических тайн Вселенной // Sciences of Europe. № 59 – 1. С. 52 – 56.
10. Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования / пер. с нем. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2003. – 456 с.
11. Планк М. О необратимых процессах излучения // М. Планк. Избранные труды. М.: Наука. 1975. С. 191 – 233.
12. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения / пер. с англ. М.: Наука. 1975. – 464 с.
13. Прохоров Е.С. Изотермическая модель газовой детонации // Инженерно – физический журнал. 2015. Т. 85. №.3. С. 703 – 709.
14. Трофимова Т.И. Физика: учебное пособие. М.: Академия. 2013. – 352 с.
15. Фридман А.А. О движении несжимаемой жидкости // А. А. Фридман. Избранные труды. М.: Наука. 1966. С. 12 – 18.
16. Фридман А.А. О кривизне пространства // А. А. Фридман. Избранные труды. М.: Наука. 1966. С. 229 – 238.
17. Цвибах Б. Начальный курс теории струн. / пер. с англ. М.: Едиториал УРСС. 2011. – 784 с.
18. Черепашук А.М., Чернин А.Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. Фрязино: Век – 2. 2004. – 320 с.
19. 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.
20. Широков С.И. Космологические критические тесты на основе многоканальных THESTUS – БТА наблюдений гамма – всплесков / С. В. Широков, И. В. Соколов, В. В. Власюк, Л. Амати, В. В. Соколов, Ю. В. Барышев // Астрофизический бюллетень. 2020. Т. 75. № 3. С. 235 – 249.
21. Эйнштейн А. Сущность теории относительности / А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука. 1966. С. 5 – 82.
22. Темная энергия – Википедия [Электронный ресурс]. URL: [https:// C:\Users\user\Desktop\Тёмная энергия — Википедия.mhtml](https://C:\Users\user\Desktop\Тёмная энергия — Википедия.mhtml) (дата доступа 26.11.2023).
23. Космология после «Планка». Стагнация или развитие? [Электронный ресурс]. URL: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/436950/Kosmologiya_posle_Planka_Stagnatsiya_ili_razvitie (дата доступа 26.11.2023).
24. Ньютон, Исаак – Википедия [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата доступа 26.11.2023).

Кошман В.С.

**Проблемы космологии, природные явления и физические законы
гравитации и излучения**

*Пермский государственный аграрно – технологический университет
(Россия, Пермь)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-846

Аннотация

В статье приведена цепочка взаимосвязей между функциями и параметрами состояния Вселенной в их записи через безразмерные планковские величины. Отмечена значимость ранних термоядерных реакций, а также гравитации в формировании наблюдаемой картины физического мира. Показано, что постоянная Больцмана есть планковская энтропия. Проведена

количественная оценка величин термодинамической вероятности системы, изменчивости характерного геометрического размера Вселенной со временем и ее современной объемной плотности энергии. В основу построения положен установленный в наблюдениях факт, что реликтовое излучение - это созданное самой природой абсолютно черное тело.

Ключевые слова: реликтовое излучение, модель Вселенной, законы физики, планковские величины, второе начало термодинамики.

Abstract

The article presents a chain of relationships between the functions and parameters of the state of the Universe in their form through dimensionless Planck quantities. The significance of early thermonuclear reactions, as well as gravity, in the formation of the observable picture of the physical world is noted. It is shown that Boltzmann's constant is Planck entropy. A quantitative assessment of the values of the thermodynamic probability of the system, the variability of the characteristic geometric size of the Universe with time, and its modern volumetric energy density was carried out. The construction is based on the observationally established fact that the cosmic microwave background radiation is an absolutely black body created by nature itself.

Keywords: cosmic microwave background radiation, model of the Universe, black body laws, Planck quantities, second law of thermodynamics.

«Бог совершил две ошибки. Во – первых, он «сотворил» Вселенную в Большом взрыве. Во – вторых, он был настолько небрежен, что оставил «улики» - микроволновое фоновое излучение»
Пал Эрдош

Человек во все времена стремится к пониманию и объяснению окружающей его природы. Еще до нашей эры Архимед затронул вопросы гравитации, когда в теории установил условие плавания тел в жидкости, а на практике сконструировал планетарий: достаточно было воздействовать на рычаг как планеты приходили в движение вокруг Земли с возможностью наблюдать солнечное затмение [2]. Объект внимания в космологии – Вселенная в целом, тогда как наблюдению доступно только содержимое сферы радиусом около 13,7 млрд. световых лет [20]. Подтвержденное в наблюдениях открытие не стационарности Вселенной (А.А. Фридман, 1922 г.) породило проблему «начала» мира и его изменчивости во времени [12], а также от мгновения, «когда Вселенная была сжата в одну точку» [16]. Совершенствуется приборное оснащение для измерения намеченных теорией характеристик Вселенной, повышается точность измерений [9]. Современный период в отношении гравитации порой называют [14] постэйнштейновским, а в отношении космологии - постфридмановским. В кругу проблем теоретического моделирования Вселенной, в частности, выделяются [22] три проблемы: отсутствие ясности и в геометрии Вселенной, и в величине постоянной Хаббла H_0 , и в природе и величине темной энергии.

Моделирование есть разумный инструмент изучения окружающего мира. В числе критериев подтвердить правильность получаемых решений есть и их согласие/сходимость в результатах, устанавливаемых разными методами [3, 9 и др.]. И модели Вселенной здесь не являются исключением.

Авторы [23], обсуждая попытки «понять» Вселенную, подчеркивают, что «ученый, исследуя сложные системы или явления, самым тщательным образом изучает основные компоненты этих систем и основные взаимодействия в них. Ситуация упрощается, если построить модель или теорию, которая могла бы объяснить нечто сложное в терминах взаимодействий между значительно более простыми предметами». Тем самым, рекомендуется активный поиск «сильных звеньев цепи».

Только по результатам попытки изучить «слабые звенья», пожалуй, можно сформулировать вывод о том, что «новая ситуация в космологии стимулирует тщательную проверку фундаментальных физических законов на микро – и макромасштабах одновременно.

Современная физика использует наблюдаемую Вселенную как часть физической лаборатории, где должны быть проверены фундаментальные физические законы. Такие базовые теоретические положения как: постоянство фундаментальных констант c , G , m_p и m_e ...могут быть исследованы теоретической физикой...и современными астрофизическими наблюдениями...» [24 и др.]. Как видим, контуры сложившейся на сегодня в космологии картины обозначены не разбавленными, а сгущенными как тучи красками. Из текста не ясно, о каких именно физических законах идет речь, но весьма заметно, что под сомнение поставлены сами основы фундамента физики как науки. Известная задача «извлечь богатство той космологической информации, которую несет нам реликтовое излучение», не решена. Необходим поиск точек приложения дальнейших усилий.

В целях изучения сложных физических систем авторы [23] рекомендуют обратить внимание на взаимодействие их частей. В истории Вселенной можно выделить и мгновение времени t_n . Оно фиксирует окончание глобального явления термоядерных реакций (далее они уже протекают в глубинах, в ядрах звезд). На этапе пути $t < t_n$ в результате взаимодействия с окружающей космической средой Вселенная заселяется обилием элементарных частиц и набирает свою массу до ее современной величины M_n . Возможно ли подтверждение этой гипотезы?

Так сложилось, что в физике необходимо и формулы, и уравнения выписывать, поскольку «математика – метод не только (и не столько) представления и описания, но еще и исследования природы...Рассказывать...в физике без помощи формул – все равно, что говорить о живописи без иллюстраций или показа картин» [19]. Решения дифференциальных уравнений предполагают выбор (из многообразия) только одного варианта условий однозначности. Кроме того, необходимо подтверждение результата развернутого аналитического решения на опыте. Каждый из законов физики уже сам по себе единственное решения, он в конкретной ситуации установлен однозначно при осмыслении результатов опыта/эксперимента, что и выкристаллизовано в формулу. Инженерная практика подтверждает простое мнемоническое правило: физические законы – это не способ все запутать, а напротив, есть способ понять и известно о мире, и то, что еще только предстоит узнать. И что характерно, информативность физических законов зависит от формы их выражения/записи.

На значимость явления радиоактивности в формировании картины физического мира Ж. Леметр указал еще в 1931 году, а спустя пятнадцать лет на этой основе Г.А. Гамов предсказал присутствие остаточного фотонного излучения во Вселенной. Согласно Леметру, Вселенная начинается с весьма массивного и чрезвычайно радиоактивного первичного атома: «Он мгновенно распался на части, которые претерпели дальнейший распад, распады продолжались, и радиоактивность, которую мы наблюдаем сейчас, представляет собой просто остатки начальной радиоактивности». Данную модель П. Дирак [6] кратко характеризует словами «схема довольно красива». И это действительно схема, поскольку «любое физическое явление можно считать понятным только в том случае, если его удалось описать точным языком законов, формул и чисел» [1, с. 6].

Известна формула для объемной плотности энергии газа фотонов u_ε . Как пристально не вглядываться в эту формулу, фотонов там не увидишь. Пусть U есть энергия, заключенная в конечном объеме V . В этом объеме содержится число фотонов N_ε с энергией одного из них $U_\varepsilon^{(1)} = k_b T$ [4, с. 81], где k_b – постоянная Больцмана, а T – температура в градусах Кельвина. Тогда энергия газа фотонов

$$U_\varepsilon = U_\varepsilon^{(1)} N_\varepsilon = k_b T N_\varepsilon . \quad (1)$$

Их объемная плотность энергии есть энергия, поделенная на объем:

$$u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V} = k_b T \frac{N_\varepsilon}{V} = k_b T n_\varepsilon, \quad (2)$$

где n_ε – объемная концентрация фотонов, то есть количество фотонов в единице объема. Из статистической физики для n_ε известна формула: $n_\varepsilon = \frac{N_\varepsilon}{V} = \alpha_j \left(\frac{k_B}{c \cdot h}\right)^3 T^3$ [8, 13 и др.], где α_j – некоторый коэффициент. Тогда из (2):

$$u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V} = \alpha_1 k_B \left(\frac{k_B}{c \cdot h}\right)^3 T^4. \quad (3)$$

Здесь представлены три мировые константы: k_B – постоянная Больцмана, c – скорость распространения света в вакууме и h – постоянная Планка. В физике формула (3) называется законом (а также уравнением) Стефана – Больцмана. Строго говоря, при $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж · с в теории установлена величина $\alpha_1 = \frac{8\pi^5}{15}$ [3] (ниже в формулах числовые значения коэффициентов α_i не раскрываются).

Здесь вспоминается существенное: а) установлены планковские величины длины L_{pl} , массы m_{pl} , времени t_{pl} и температуры T_{pl} как размерные комбинации мировых констант c , h , k_B и G_H (здесь G_H – гравитационная постоянная) [18]; б) также известно подмеченное Б. Цвибах [21]: $G_H = \frac{L_{pl}^3}{m_{pl} \cdot t_{pl}^2}$; $c = \frac{L_{pl}}{t_{pl}}$; $h = \frac{m_{pl} \cdot L_{pl}^2}{t_{pl}} = \frac{U_{pl}}{v_{pl}}$ и $k_B = \frac{m_{pl} \cdot L_{pl}^2}{t_{pl}^2 \cdot T_{pl}}$, в) в прецизионных измерениях достоверно выявлен факт: реликтовое излучение – это абсолютно черное тело, созданное самой природой.

Тогда, отвечающие лишь только абсолютно черному телу, законы природы, принимают свое естественное выражение. Их информативность существенно возрастает.

Формула Планка для спектра излучения абсолютно черного тела: $\frac{du_\varepsilon}{dv} = \frac{U_{\varepsilon pl}}{V_{pl} \cdot v_{pl}} \left(\frac{v}{v_{pl}}\right)^3 \frac{1}{e^{v \cdot T_{pl}/v_{pl} \cdot T_{pl}} - 1}$;

закон Стефана – Больцмана (3): $u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V} = \frac{U_{pl}}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^4$; формула для энтропии газа фотонов:

$S_\varepsilon = k_B \frac{V}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^3$; формула для его объемной концентрации: $n_\varepsilon = \frac{N_\varepsilon}{V} = \frac{1}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^3$.

Формула Планка в функции от температуры T описывает ход колоколообразной кривой спектра реликтового излучения на координатной плоскости $\frac{du_\varepsilon}{dv} - v$, где v – частота, а закон Стефана – Больцмана, но уже как функция $\Psi \left(\frac{U_\varepsilon}{T_{\varepsilon pl}}, \frac{v}{v_{pl}}, \frac{T}{T_{pl}}\right) = 0$, отвечает площади под этой колоколообразной кривой. Изменчивость безразмерных планковских величин подсказывает нам, что выделенные законы физики справедливы вплоть до весьма самобытного планковского состояния материи Вселенной. Здесь на планковское время $t_{pl} = 10^{-43}$ с [18] температура мира равна $T_{pl} = 10^{32}$ К, а объемная плотность массы материи $\rho_{pl} = \frac{m_{pl}}{L_{pl}^3} = 10^{97}$ кг/м³. Имеем свидетельство в защиту модели «горячей» расширяющейся с охлаждением Вселенной.

Внимание заслуживает и закон всемирного тяготения [2]: $F_{ij} = G_H \frac{m_i \cdot m_j}{r_{ij}^2}$ в его записи вида

$$\frac{F_{ij}}{F_{pl}} = \frac{m_i}{m_{pl}} \frac{m_j}{m_{pl}} \left(\frac{L_{pl}}{r_{ij}}\right)^2. \quad (4)$$

Здесь F_{ij} – сила притяжения, действующая на частицу с номером i со стороны частицы с номером j , F_{pl} – планковская сила, $F_{pl} = m_{pl} \frac{L_{pl}}{t_{pl}^2} = 10^{43}$ ньютонов, m_i и m_j – массы одной из пар элементарных частиц, r_{ij} – расстояние между данными частицами. В отличие от формул общей теории относительности закон всемирного тяготения (4) показывает на рождение элементарных частиц сразу же вслед за распадом первичного сгустка материи массой m_{pl} на планковское мгновение времени $t_{pl} = 10^{-43}$ с. Но тогда и реликтовое излучение есть естественный продукт (не иначе как термоядерных реакций). Как видим, гравитация играет определяющую роль в формировании наблюдаемого сегодня в телескопы облика Вселенной, ее

структурных элементов (звезд, планет и их спутников). Присутствующие в выражениях закона всемирного тяготения силы притяжения F_{ij} - это центральные силы, ответственные за сферическую форму нашей Вселенной.

Возможный ход кривых $V = V(t)$, $T = T(t)$ и $N_\epsilon = N_\epsilon(t)$ приведен на рисунке, где подстрочные индексы «0» и «pl» соотносят параметры соответственно к окончанию эпохи термоядерных реакций и к настоящему времени.

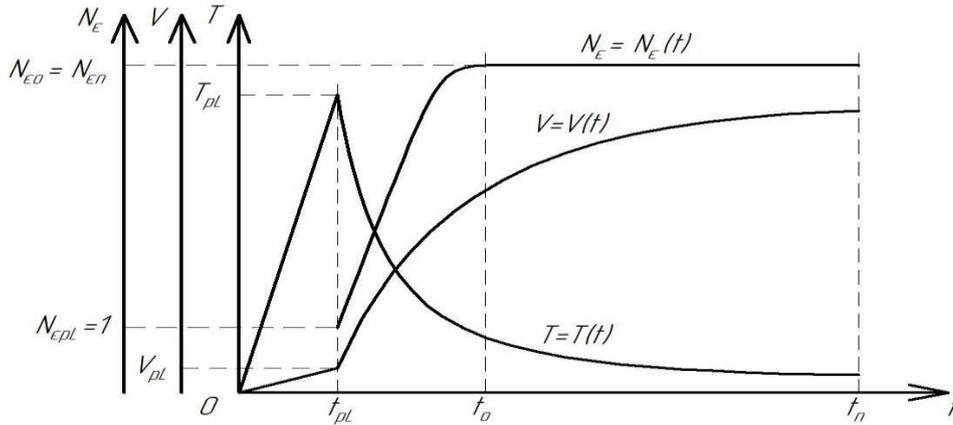


Рисунок 1. Примерный ход кривых $V = V(t)$, $T = T(t)$ и $N_\epsilon = N_\epsilon(t)$

Давно подмечено, как только становится возможным оценивать вещи количественно, мышление становится более точным, а логические средства математики могут прояснить предмет. В согласии с принципом Больцмана для термодинамической энтропии S с учетом формул для S_ϵ и n_ϵ можно записать соотношение [11]:

$$S_\epsilon = k_B \ln W_\epsilon = k_B \frac{N_{\epsilon 0}}{N_{\epsilon pl}}. \quad (5)$$

Здесь $N_{\epsilon pl} = 1$, а W_ϵ – термодинамическая вероятность состояния, или число способов, которыми может осуществляться данное состояние многочастичной фотонной системы. «Прогнозируя назад» в согласии со вторым началом термодинамики, видим, что если на время окончания термоядерных реакций t_0 количество способов реализации данного состояния $W_{\epsilon 0}$ есть космологически огромная величина $W_{\epsilon 0} = e^{N_{\epsilon 0}} \approx e^{10^{90}}$, то на мгновение окончания эпохи Планка t_{pl} она мала: $W_{\epsilon pl} = e$, где e – основание натурального логарифма. Иными словами, на планковское время t_{pl} Вселенная упорядочена. Сформировался чрезвычайно радиоактивный первичный атом. В числе его характеристик масса $m_{pl} = 10^{-5}$ г, средний радиус $L_{pl} = 10^{-35}$ м, частота $\nu_{pl} = 10^{43} \text{ с}^{-1}$ и температура $T_{pl} = 10^{32}$ К, которые увязаны интегральной величиной $\frac{1}{e-1} \frac{U_{\epsilon pl}}{V_{pl} \cdot \nu_{pl}}$. Заметим, что сегодня число, $e = 2,718$ заложено в основание описания кинетики ядерных реакций. По свидетельству Р. Пенроуза [17, с. 579], второй закон термодинамики - «это почти «очевидный» необходимый элемент любой разумной физической теории». Вслед за эпохой термоядерных реакций W_ϵ есть величина постоянная: $W_\epsilon = \text{const}$, а реликтовые фотоны в неизменном составе со скоростью света в вакууме движутся от исторического центра сферы Вселенной по радиусам к «периферии».

В общей теории относительности (ОТО) А. Эйнштейна (в однородном и изотропном мире А.А. Фридмана) объемная плотность энергии заполненной излучением Вселенной [21 и др.]:

$$u = \frac{\alpha_2 c^2}{G_H t^2}, \quad (6)$$

где c учитывает релятивизм, а G_H – гравитацию. В ОТО в целях выхода на решение (6) используется сложный математический аппарат, но известен и простой путь. В теории Ньютона

С. Вайнберг [4] обращается к модели, в которой гравитация центрально симметрична относительно начала координат. Объем Вселенной V рассматривается как сфера радиусом R :

$$V = \frac{4\pi R^3}{3}. \quad (7)$$

Масса M такой сферы равна ее объему, умноженному на космическую плотность массы ρ :

$$M = \rho V \quad (8)$$

и сосредоточена в центре сферы. На поверхности сферы выделяется типичная галактика массой m , которая движется со скоростью v :

$$v = HR = \frac{R}{t}, \quad (9)$$

которая в конечных формулах завуалирована; H – постоянная Хаббла. Опора на закон сохранения энергии дает решение:

$$\rho = \frac{\alpha_3 H^2}{G_H}, \quad \text{или} \quad \rho = \frac{\alpha_3}{G_H t^2}. \quad (10)$$

Ни радиус R , ни масса шара M в формулы (10) не входят, что обусловлено однородностью Вселенной. С. Вайнберг рекомендует: «Хотя этот результат получен здесь с использованием принципов ньютоновской физики, он на самом деле справедлив даже тогда, когда содержимое Вселенной является ультрарелятивистским, если только иметь в виду, что ρ интерпретируется как полная плотность энергии, деленная на c^2 » [4]. Имеем уравнение для объемной плотности энергии всей материи Вселенной u :

$$u = \rho c^2 = \frac{\alpha_3 c^2 H^2}{G_H}, \quad \text{или} \quad u = \frac{\alpha_3 c^2}{G_H t^2}. \quad (11)$$

П. Девис [5] отмечает, что энергия газа барионов в тысячу раз превышает энергию газа реликтовых фотонов: $\frac{u_{bn}}{u_{en}} = \frac{u_{bn}}{u_{en}} = \frac{10^{-11}}{10^{-14}} = 10^3$, причем теории гравитации Ньютона и Эйнштейна дают одну и ту же формулу для объемной плотности энергии Вселенной u . После того, как зависимость u от t определена, возникает следующий вопрос – как увязать u с иными характеристиками Вселенной? Девис определяет u в долях объемной плотности энергии реликтового излучения u_ϵ :

$$u = \square u_\epsilon. \quad (12)$$

Тем самым, предлагается решение [там же, с. 113]:

$$k_B T = \left(\frac{\alpha_4 \cdot c^5 \cdot h^3}{G_H \cdot f} \right)^{1/4} \frac{1}{t^{1/2}}, \quad (13)$$

которое в безразмерных планковских величинах температуры и времени принимает [10] вид:

$$\frac{T}{T_{pl}} = \frac{1}{f^{1/4}} \left(\frac{t_{pl}}{t} \right)^{1/2}. \quad (14)$$

В формулах (12) – (14) \square – космологическая функция (теснота связи между гравитационным и электромагнитным полями). В годы нашей учебы формула $T = \frac{10^{10}}{t^{1/2}}$ (T – в градусах Кельвина, а t – в секундах) трактовалась как закон падения температуры в ранней Вселенной. Здесь можно также отметить решение задачи методом ОТО [15], согласно которому гравитационное поле является доступной для измерения субстанцией, обладающей всеми (выражаемыми цифрами) атрибутами других составляющих материи Вселенной. Не исключено, что именно иерархия числовых значений величин $u_{gn} > u_{bn} > u_{en}$ сегодня и подтверждается в наблюдениях.

Согласно законам чернотельного излучения выделяем логически непротиворечивую конструкцию – уравнение связи между объемом V , температурой T и количеством реликтовых фотонов во Вселенной \mathcal{N}_ϵ :

$$VT^3 = (RT)^3 = V_{pl} T_{pl}^3 \mathcal{N}_\epsilon, \quad (15)$$

а относительно движения Вселенной делаем следующие два предположения:

а) Взаимодействие между Вселенной и окружающей ее внешней средой отсутствует. На первый план из (15) выходит известное из курса термодинамики газов уравнение адиабаты $VT^3 = (RT)^3 = \text{const}$. В условиях отсутствия энергообмена газ реликтовых фотонов, как и обычные газы, по мере расширения охлаждается. В записи вида $T \propto R^{-1}$ закономерность (15) учитывается [22] Гамовым при теоретическом предсказании температуры реликтового излучения.

б) Взаимодействие между Вселенной и окружающей ее внешней средой присутствует. Реликтовые фотоны отсутствовали во Вселенной изначально. Для их появления необходимо колоссальное количество энергии. В эпоху термоядерных реакций (см. на рисунке временной интервал $t_{\text{pl}} < t \leq t_0$) во взаимодействии Вселенной с окружающей ее средой число реликтовых фотонов нарастает, а интегральная переменная $VT^3 \propto \mathcal{N}_\epsilon$ (символ \propto , как и ранее, означает прямо пропорционально).

Проиллюстрируем изменчивость величин цифрами. На момент окончания термоядерных реакций при числовых значениях $\mathcal{N}_{\epsilon 0} = 10^{90}$, $T_0 = 10^9 \text{ К}$, $T_{\text{pl}} = 10^{32} \text{ К}$ и $L_{\text{pl}} = 10^{-35} \text{ м}$ средний радиус сферы Вселенной имеет величину $R_0 = (\mathcal{N}_{\epsilon 0})^{1/3} \frac{T_{\text{pl}}}{T_0} L_{\text{pl}} = (10^{90})^{1/3} \frac{10^{32}}{10^9} = 10^{18} \text{ м}$, а при снижении температуры до $T_n = 2,73 \text{ К}$ [3 и др.] радиус достигает величину порядка $R_n = 10^{27} \text{ м}$. Если в эпоху термоядерных реакций за время 100 с [7] радиус Вселенной возрастает в $\frac{R_0}{L_{\text{pl}}} = 10^{53}$ раз, то во времена эпохи адиабатного расширения (в миллиардах лет) радиус вырастает в $\frac{R_n}{R_0} = 10^9$ раз. Это отвечает известному из ОТО суждению о раннем чрезвычайно быстром расширении Вселенной.

Закон всемирного тяготения справедлив и для сильных гравитационных полей. В эскизных набросках образа эволюционирующей Вселенной из природных явлений затронуты электромагнитное излучение, гравитационное излучение и радиоактивность. Полагаем, что приведенные выше формулы отвечают известной задаче физики получить замкнутые и отвечающие наблюдениям формулы, которые обеспечивают возможность аналитического охвата воедино существенных граней природных явлений. Если специалисты задумаются о том, как применить отмеченную выше схему к вопросам более подробного описания движения Вселенной, то автор будет считать свою задачу выполненной. Эпиграф принят по данным работы [16, с. 174].

1. Абрамов А.И. Измерение «неизмеримого». М.: Энергоатомиздат. 1986. – 208 с.
2. Вавилов С.И. Исаак Ньютон: 1643 – 1727. М.: Наука. 1989. – 271 с.
3. Вайнберг С. Космология / пер. с англ. М.: ЛИБРОКОМ. 2013. 608 с.
4. Вайнберг С. Первые три минуты: Современный взгляд на происхождение Вселенной / пер. с англ. М.: Энергоиздат. 1981. – 208 с.
5. Девис П. Случайная Вселенная / пер. с англ. М.: Мир. 1985. – 160 с.
6. Дирак П. Космология и гравитационная постоянная // П. Дирак. Воспоминания о необычной эпохе / 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. Клапдор – Клайнротхаус Г.В., Цюбер К. Астрофизика элементарных частиц / пер. с нем. М.: Издательство УФН. 2000. – 496 с.
9. Ковалевский Ж. Современная астрометрия / пер. с англ. Фрязино: Век – 2. 2004. – 480 с.
10. Кошман В.С. Алгоритм и результат поиска уравнений космологической эволюции нашей Вселенной // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 86 – 8. С. 113 – 119.
11. Кошман В.С. Второе начало термодинамики и космологическое расширение Вселенной // Sciences of Europe. 2020. № 47-1 (47). С. 3-7.
12. Крамаровский Я.М., Чечев В.П. Ядерная стабильность во Вселенной. М.: Знание. 1976. – 64 с.
13. Краснопевцев Е.А. Спецглавы физики. Статистическая физика равновесных систем: учебное пособие. Новосибирск: Издательство НГТУ. 2014. – 387 с.

14. Кувшинова Е.В., Сандакова О.В. Космология с вращением [Электронный ресурс]. URL: [Электронный ресурс]. URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1699518408&tld=ru&lang=ru&name=osnovy_kosmologii (дата доступа 9.11.2023). (дата доступа 9.11.2023).
 15. Лоскутов Ю.М. Роль гравитационных полей в физике звезд и эволюции Вселенной // Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. 2013. № 3. С. 3 – 19.
 16. Нарликар Дж. Неистовая Вселенная / пер. с англ. М.: Мир. 1985. – 256 с.
 17. Пенроуз Р. Путь к реальности или законы, управляющие Вселенной. Полный путеводитель / пер. с англ. М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2007. – 912 с.
 18. Планк М. О необратимых процессах излучения // Планк М. Избранные труды. М.: Наука. 1975. С. 191 – 233.
 19. Попов С.Б. Все формулы мира. Как математика объясняет законы природы. М.: Альпина. 2019. - 154 с.
 20. Хайтун С.Д. Космологическая картина мира, вытекающая из гипотезы о фрактальной Вселенной // Философия и космология. 2014. 12 – 1. С. 119 – 150.
 21. Цвибах Б. Начальный курс теории струн / пер. с англ. М.: Едиториал УРСС, 2011. – 784 с.
 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. Шварц К., Гольдфарб Т. Поиски закономерностей в физическом мире / пер. с англ. М.: Мир. 1977. – 359 с.
 24. Широков С.И., Соколов И.В. и др. Космологические критические тесты на основе многоканальных THESTUS – БГА наблюдений гамма – всплесков // Астрофизический бюллетень. 2020. Т. 75. № 3. С. 235 – 249.
-

РАЗДЕЛ XXIX. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Таначев Г.П., Шайхлисламов И.Р., Корнилов В.Ю.

Математическая модель синхронного двигателя с постоянными магнитами

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-847

Аннотация

Оптимизация работы и улучшение энергетических характеристик тяговых электроприводов происходит благодаря разработке современных систем и алгоритмов управления преобразователями электроэнергии [1,2]. В настоящее время уже практически достигнут предел разработанности оптимизации электроприводов на базе асинхронных двигателей, не говоря уже о синхронных машинах.

В связи с этим набирает актуальность использование наиболее перспективных двигателей. Одним из таких вариантов являются синхронные двигатели с постоянными магнитами, активному внедрению которых поспособствовали открытия и разработки в области редкоземельных материалов [3].

При сравнении СДПМ и АД выделяется ряд преимуществ [4]:

1. Массогабаритные показатели у СДПМ меньше, чем у АД (благодаря более высокой удельной мощности).
2. У СДПМ выше максимальный момент и максимальное ускорение.
3. СДПМ имеет более низкий момент инерции.
4. Более высокий КПД.

Ключевые слова: математическая модель, синхронный двигатель, постоянные магниты, векторная система, система координат.

Abstract

Optimization of the operation and improvement of the energy characteristics of traction electric drives is due to the development of modern systems and algorithms for controlling electric power converters [1,2]. At present, the limit of the development of optimization of electric drives based on asynchronous motors, not to mention synchronous machines, has almost been reached.

In this regard, the use of the most promising engines is gaining relevance. One of these options is synchronous motors with permanent magnets, the active introduction of which was facilitated by discoveries and developments in the field of rare earth materials [3]. When comparing SDPM and AD, a number of advantages are highlighted [4]:

1. The weight and size indicators of SDPM are smaller than those of AD (due to a higher specific power).
2. The SDPM has a higher maximum torque and maximum acceleration.
3. SDPM has a lower moment of inertia.
4. Higher efficiency.

Keywords: mathematical model, synchronous motor, permanent magnets, vector system, coordinate system.

Самый удобный способ представить математическую модель синхронного двигателя - это в системе координат dq , которая жестко связана с ротором и вращается с угловой скоростью ротора. Это удобно тем, что электрические переменные по отношению к статору будут являться синусоидальными, но в то же время, эти переменные в установившемся режиме, примут постоянные значения. Также, использование dq удобно для синтеза систем управления электроприводом.

При помощи преобразований Парка-Горева, мы сможем перейти из системы координат ABC в систему координат dq. Изначальное положение осей dq в преобразовании показано на рисунке 1. Угол расположения ротора θ_3 является углом между осью A (3-х фазная система) и осью d (2-х фазная вращающаяся система координат)

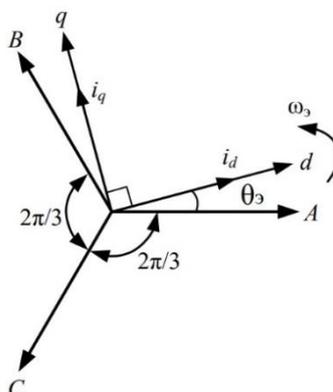


Рисунок 1. Расположение осей d и q после преобразования Парка-Горева оси A и d совпадают в начальный момент времени.

Связь между электрическими переменными двигателя (например, напряжения статора) в трехфазной системе координат ABC и системой координат dq для трехфазного СДПМ в матричной форме выполняется через матрицу [T] следующим образом:

$$(1) [u]_{dq} = [T][U]_{ABC}$$

$$(1.1) [T] = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & \cos(\theta_3 - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta_3 + \frac{2\pi}{3}) \\ -\sin\theta_3 & -\sin(\theta_3 - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_3 + \frac{2\pi}{3}) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

Обратное преобразование можно представить формулой:

$$(2) [U]_{ABC} = [T]^{-1}[u]_{dq}$$

$$(2.1) [T]^{-1} = \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & -\sin\theta_3 & 1 \\ \cos(\theta_3 - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_3 - \frac{2\pi}{3}) & 1 \\ \cos(\theta_3 + \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_3 + \frac{2\pi}{3}) & 1 \end{bmatrix}$$

Один из вариантов преобразования Парка-Горева, который все чаще используется для математического моделирования выглядит так что ось q опережает ось d на угол, равный 90° [5]. Расположение осей отобразено на рисунке 2.

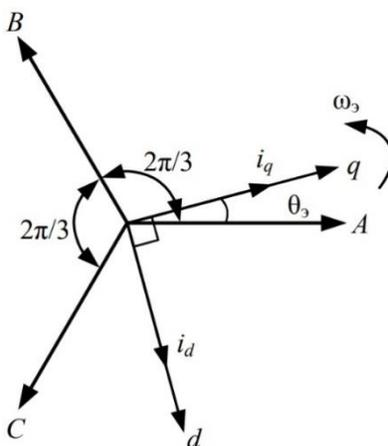


Рисунок 2. Расположение осей d и q после преобразования Парка-Горева оси A и q совпадают в начальный момент времени.

В данном случае угол θ_3 является углом между осью А и осью q. Для такого преобразования в матричном произведении (1) и (2) матрицы $[T]$ и $[T]^{-1}$, представленные в (1.1) и (2.1) соответственно, принимают следующий вид:

$$(3) [T] = \frac{2}{3} \begin{vmatrix} \cos\theta_3 & \cos(\theta_3 - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta_3 + \frac{2\pi}{3}) \\ \sin\theta_3 & \sin(\theta_3 - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_3 + \frac{2\pi}{3}) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{vmatrix}$$

$$(4) [T]^{-1} = \begin{vmatrix} \cos\theta_3 & \sin\theta_3 & 1 \\ \cos(\theta_3 - \frac{2\pi}{3}) & \sin(\theta_3 - \frac{2\pi}{3}) & 1 \\ \cos(\theta_3 + \frac{2\pi}{3}) & \sin(\theta_3 + \frac{2\pi}{3}) & 1 \end{vmatrix}$$

Для преобразования Парка-Горева, в котором ось q опережает ось d на 90° , в матрицах, представленных в (3) и (4), мы избавились от отрицательных знаков, которые были в (1.1) и (2.1). Такое преобразование более удобно для синтеза системы векторного управления, так как максимальная фазовая индукция возникает в нулевой момент времени, когда $\theta_3 = 0$.

Исходя из особенностей конструкции [6] и выбранного расположения осей dq (Рис 2.). Можно составить эквивалентную схему замещения СДПМ (Рисунок 3). Важно отметить, что направление магнитного потока постоянных магнитов, установленных на роторе, совпадает с осью q, что отражено введением дополнительной составляющей противо-ЭДС, обозначаемой как $\omega_3 \Psi_m$.

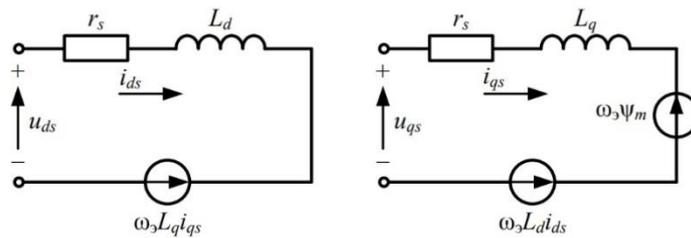


Рисунок 3. Схема замещения СДПМ в осях dq

С использованием схем замещения изображенных на рисунке 3, математическую модель синхронного двигателя постоянного магнита (СДПМ) в системе координат dq можно представить в виде уравнений, описывающих электрическое равновесие:

$$(5) u_{ds} = r_s i_{ds} + \frac{d\psi_{ds}}{dt} - \omega_3 \psi_{qs};$$

$$(6) u_{qs} = r_s i_{qs} + \frac{d\psi_{qs}}{dt} - \omega_3 \psi_{ds},$$

Где

u_{ds} – составляющая U статора по оси d; u_{qs} – составляющая U статора по оси q; r_s – активное сопротивление статора; i_{ds} – составляющая тока статора по оси d; i_{qs} – составляющая тока статора по оси q; ψ_{ds} – составляющая потокосцепления статора по оси d; ψ_{qs} – составляющая потокосцепления статора по оси q; ω_3 – электрическая частота вращения ротора.

Потокосцепления, представленные в уравнениях (5) и (6), можно представить:

$$(7) \psi_{ds} = L_d i_{ds} + \psi_m$$

$$(8) \psi_{qs} = L_q i_{qs}$$

где L_d – составляющая индуктивности статора по оси d; L_q – составляющая индуктивности статора по оси q; ψ_m – потокосцепление, образуемое постоянными магнитами.

На основании уравнений (7), (8) выводим что, составляющую напряжения статора по оси d и составляющую напряжения по оси q, представленные в (5) и (6), можно записать как [7]:

$$u_{ds} = r_s i_{ds} + \frac{dL_d i_{ds}}{dt} + \frac{d\psi_m}{dt} - \omega_\omega L_q i_{qs}$$

Или

$$(9) u_{ds} = r_s i_{ds} + \frac{dL_d i_{ds}}{dt} - \omega_\omega L_q i_{qs}$$

$$(10) u_{qs} = r_s i_{qs} + \frac{dL_q i_{qs}}{dt} + \omega_\omega L_d i_{ds} + \psi_m \omega_\omega = r_s i_{qs} + \frac{dL_q i_{qs}}{dt} + \omega_\omega (L_d i_{ds} + \psi_m)$$

Электромагнитный момент, создаваемый СДПМ:

$$(11) M = \frac{3}{2} p_n [\psi_m i_{qs} + (L_d - L_q) i_{qs} i_{ds}]$$

Где p_n - число пар полюсов.

В случае равенства индуктивностей по осям d и q реактивный момент двигателя в уравнении (11) отсутствует, следовательно:

$$M = \frac{3}{2} p_n \psi_m i_{qs}$$

Уравнение механического движения СДПМ:

$$M = M_c + J \frac{d\omega}{dt} + B_m \omega$$

где J – момент инерции двигателя и нагрузки; B_m – постоянный коэффициент вязкого трения; M_c – момент сопротивления; ω – механическая частота вращения ротора двигателя, $\omega = \omega_\omega / p_n$.

Заключение

Построение математической модели СДПМ является важным этапом в проектировании и расчете энергетических характеристик электропривода. На базе этих расчетов производится подбор необходимого электрооборудования, частотных регуляторов и прочей аппаратуры, которые позволяют реализовать надежную работу технических агрегатов, станков и другого оборудования на базе электропривода, который обеспечивает автоматизированное машинное производство.

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2015. 373 с.
2. Козярук А.Е., Рудаков В.В. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотнорегулируемых электроприводов. СПб.: С.-Петербург. электротехн. компания, 2004. 128 с.
3. Matsuoka K. Development Trend of the Permanent Magnet Synchronous Motor for Railway Traction // IEEJ Trans. 2007. Vol. 2. Pp. 154-161. doi: 10.1002/tee.20121
4. Таначев Г.П., Шайхлисламов И.Р. Применение синхронного двигателя с постоянными магнитами в электроприводе штанговых насосных установок // Наука и бизнес. Пути развития. 2023. №2(140). С.51-54.
5. Simulation of a permanent magnet synchronous motor using Matlab-Simulink / A. Apte, R. Walambe, V. Joshi, K. Rathod, J. Kolhe // Annual IEEE India Conference (INDICON). 2014. Pp. 1-5. doi: 10.1109/INDICON.2014.7030469.
6. Vector control of a permanent magnet synchronous motor / R.K. Sharma, V. Sanadhya, L. Behera S. Bhattacharya // India Conference. 2008. Vol. 1. Pp. 81-86. doi: 10.1109/INDCON.2008.4768805
7. Чуприна Н.В., Пугачев А.А. Моделирование системы векторного управления тяговым синхронным двигателем с постоянными магнитами // Электротехнические системы и комплексы. 2022. № 2(55). С. 10-17.

Шайхлисламов И.Р., Таначев Г.П., Корнилов В.Ю.

Исследование и оптимизация добычи нефти штанговыми глубинными насосами с частотно-регулируемыми электроприводами: путь к эффективности и устойчивости

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-848

Аннотация

Статья посвящена исследованию и оптимизации автоматизированного технологического процесса добычи нефти с применением штанговых глубинных насосов и частотно-регулируемых электроприводов. Рассматриваются проблемы, связанные с эффективностью и

надежностью электроприводов, а также рассматриваются ключевые аспекты технологического процесса, включая принципы работы ШГНУ.

Ключевые слова: штанговые глубинно-насосные установки, электропривод, автоматизированная добыча нефти.

Abstract

The article is devoted to the study and optimization of the automated technological process of oil production using sucker rod pumps and variable frequency electric drives. Problems associated with the efficiency and reliability of electric drives are considered, and key aspects of the technological process are considered, including the principles of operation of the sucker pump unit.

Keywords: rod downhole pumping units, electric drive, automated oil production.

Добыча нефти является одной из ключевых отраслей в Российской Федерации, играя важную роль в экономике страны. Одним из традиционных методов добычи нефти является использование штанговых насосов. Несмотря на многие десятилетия успешной эксплуатации, современная добыча нефти требует постоянного совершенствования и автоматизации для оптимизации производственных процессов.

Актуальность исследования данного технологического процесса нельзя переоценить. Сложность геологических условий, изменяющиеся характеристики скважин, экономические факторы и экологические вопросы ставят перед промышленностью вызовы, на решение которых нацелены усилия исследователей. Автоматизированный процесс добычи нефти штанговым насосом с частотно-регулируемым электроприводом представляет собой важную сферу исследования. Эффективное управление, контроль и оптимизация этого процесса способствует увеличению добычи, снижению эксплуатационных расходов и минимизации воздействия на окружающую среду.

Данное исследование нацелено на изучение и оптимизацию автоматизированного технологического процесса механизированной добычи нефти штанговым насосом с использованием частотно-регулируемого электропривода. Применение современных технологий и инновационных подходов в данной области имеет потенциал значительно улучшить эффективность и устойчивость процесса добычи нефти.

Оценка значимости данного исследования заключается в его потенциале повысить эффективность добычи нефти в Российской Федерации и в мире. Понимание и оптимизация этого процесса могут привести к экономическим и экологическим выгодам, а также содействовать развитию сферы энергетики и снижению зависимости от ископаемых топлив.

Описание технологического процесса добычи нефти штанговым насосом

Принципиальная схема штанговой глубинно-насосной установки [1]. Рассмотрим принцип работы ШГНУ. На рис. 1 представлена принципиальная схема глубинно-насосного способа добычи нефти.

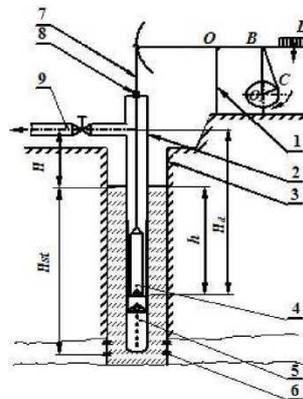


Рисунок 1. Принципиальная схема штанговой глубинно-насосной установки.

На рисунке 1 показана глубинно-насосная установка для добычи нефти из скважины. Установка включает станок-качалку (1), насосно-компрессорные трубы (2), эксплуатационную колонну (3), штанговый глубинный насос (4), фильтр (5), перфорационные отверстия в эксплуатационной колонне (6), устьевой шток (7), устьевой сальник (8), и выкидную линию для отвода продукции скважины (9). Устройство работает на колебательных движениях балансира, поднимая жидкость из скважины. При движении балансира вверх, плунжер глубинного насоса поднимается, открывая всасывающий клапан, и жидкость начинает поступать во внутреннюю полость насоса. При обратном движении плунжера вниз, всасывающий клапан закрывается, и жидкость поднимается в подъемные трубы, постепенно достигая поверхности. Эта жидкость затем направляется через выкидную линию для последующей обработки и транспортировки. Установка работает на основе колебательных движений балансира, поднимая жидкость из скважины. Электродвигатель, управляемый частотным преобразователем, создает вращающее движение, которое передается через систему штанг на насосную головку.

Под действием вращения насосная головка создает разрежение и поднимает нефть из скважины. Скорость и ход штанг регулируются частотным преобразователем в зависимости от параметров скважины и качества нефти.

Добыча нефти с использованием штанговых насосов – это сложный технологический процесс, который включает в себя поднятие сырья из скважины с помощью механического насоса. Для оптимизации этого процесса применяют частотно-регулируемые электроприводы. Исследование и моделирование технологического процесса добычи нефти штанговым глубинным насосом с оценкой воздействующих сил на электропривод имеет большое значение в современной нефтегазовой промышленности. Изучение воздействующих сил на электропривод позволяет оптимизировать процесс добычи нефти, что может привести к увеличению общей производительности скважины. Это особенно важно в условиях, когда нефтедобыча становится все более сложной и требует более точных и адаптивных методов.

Проблемы, связанные с невысокими энергетическими характеристиками электроприводов установок СШН, связаны с несколькими ключевыми факторами [2]. В первую очередь, режимы работы этих установок обусловлены их технологическими особенностями, включая циклически изменяющийся характер нагрузки. Это означает, что электродвигатель (ЭД) часто остается недогруженным, что снижает его эффективность.

Кроме того, для успешного пуска установок СШН, особенно в условиях низких температур зимой, требуется значительный запас мощности. Это приводит к тому, что после запуска установки ЭД работает с пониженными значениями коэффициента мощности и КПД.

Еще одной проблемой является наличие множества промежуточных элементов между ЭД и насосом. Эти элементы необходимы для преобразования быстрого вращения вала ЭД в медленное возвратно-поступательное движение колонны штанг. Однако каждый из них вызывает дополнительные потери энергии, что снижает общую эффективность установки.

Кроме того, некоторые скважины работают с высоковязкой продукцией, что также приводит к дополнительным потерям электроэнергии.

Циклическая нагрузка на электродвигатель (ЭД) в установке СШН приводит к изменениям в его энергетических характеристиках, включая КПД и коэффициент мощности $\cos \varphi$, в каждом цикле качания. Пример таких изменений представлен на рис. 2, где показано, как активная мощность ЭД меняется внутри одного цикла качания. Первая половина графика соответствует подъему скважинной жидкости, а вторая - спуску колонны штанг и накоплению потенциальной энергии для следующего цикла качания. Это усложняет расчет потерь в ЭД установки СШН.

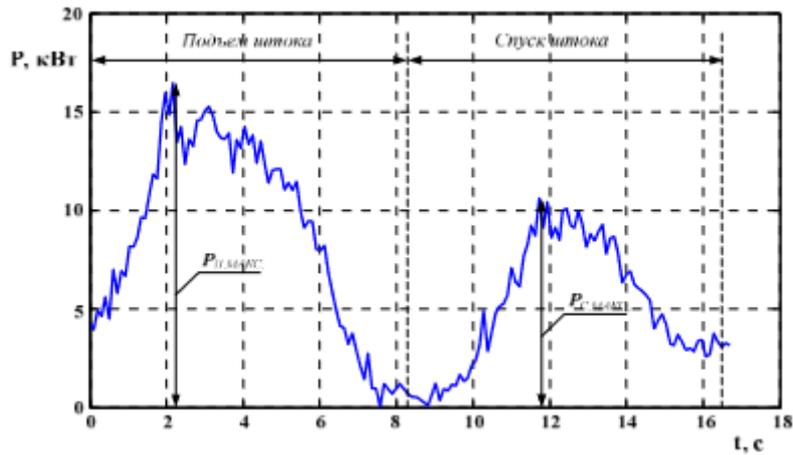


Рисунок 2 График изменения потребляемой ЭД активной мощности за один цикл качания.

Рациональное использование энергии и снижение износа оборудования может сэкономить ресурсы и снизить операционные расходы. Моделирование и анализ позволяют определить оптимальные параметры работы электропривода, что сокращает затраты на электроэнергию и ремонт. Изучение воздействующих сил помогает предотвратить аварийные ситуации и повысить надежность работы оборудования. Это важно для обеспечения безопасности персонала и окружающей среды. Нефтяная и газовая промышленность постоянно сталкиваются с изменениями в условиях добычи. Моделирование позволяет адаптировать процесс добычи к различным сценариям и быстро реагировать на изменения в скважине. Результаты исследования могут служить основой для разработки систем управления на основе искусственного интеллекта и автоматизированных процессов добычи. Это позволит добиваться еще более высокой эффективности и оптимизации.

На рисунке 3 можно наблюдать, что увеличение динамического уровня в скважине приводит к снижению давления на приеме насоса и увеличению дифференциального давления, что, в свою очередь, увеличивает жидкостную нагрузку на плунжер насоса. Это приводит к значительному увеличению нагрузок в полцикле поднимающего движения штанг.

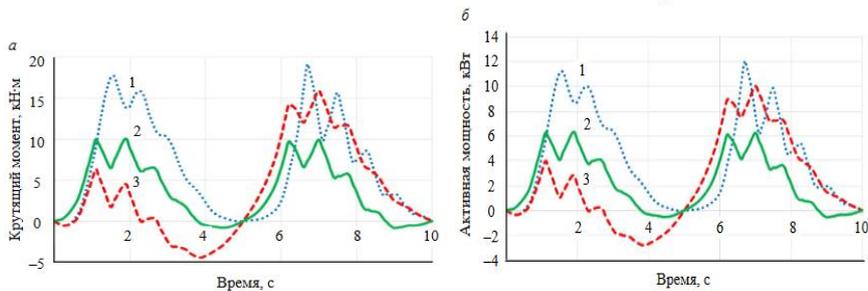


Рисунок 6. Крутящий момент на кривошипном валу (а) и потребляемая ЭД активная мощность (б)

- 1 – нижняя граница динамического уровня; 2 – верхняя граница; СК с автоматической системой уравнивания; 3 – верхняя граница; СК без автоматической системы уравнивания

Эти изменения нагрузок также сказываются на крутящем моменте на кривошипном валу и уровне потребляемой активной мощности электродвигателем [3]. Автоматическая система уравнивания способствует выравниванию нагрузок, снижая максимальный крутящий момент и потребляемую мощность на 50%. Это также позволяет избежать работы электродвигателя в генераторном режиме с отрицательной активной мощностью.

ШГНУ способны работать в различных условиях, и их состояние может оказать существенное воздействие на производительность и оборудование. Существует более 20

различных рабочих состояний, которые могут быть визуально определены экспертами в данной предметной области [4].

Эксплуатация ШГНУ в неисправных условиях может привести к снижению производительности и даже повреждению оборудования, что влечет за собой уменьшение экономической эффективности ШГНУ. Это делает контроль работы этих насосов важной задачей.

Для диагностики состояния ШГНУ обычно используются динамометрическая карта и кривая мощности двигателя. Однако этот метод не всегда эффективен и не позволяет проводить мониторинг в реальном времени. Поэтому предлагается использовать компьютерные методы диагностики.

Компьютерные методы диагностики требуют большого количества размеченных образцов различных неисправностей. Собрать такие образцы сложно, так как скважины имеют разные условия работы. Для решения этой проблемы предлагается генерировать образцы неисправностей с использованием экспериментальных испытательных стендов, которые имитируют динамику работы ШГНУ.

Различные типы неисправностей могут включать механические, эксплуатационные и электрические отказы. Механическое трение между плунжером и корпусом насоса, а также износ и эрозия, могут привести к проблемам. Эксплуатационные неисправности могут включать в себя повышенную температуру, проблемы с газом, коррозию и наличие песка. Проблемы с газом могут серьезно влиять на характеристики насоса, так как они тесно связаны с давлением газа. Электрические неисправности могут возникнуть в первичном двигателе или различных датчиках.

Использование компьютерных методов диагностики позволяет более точно определять состояние ШГНУ и обеспечивать мониторинг в реальном времени, что повышает надежность и эффективность работы этих систем.

Заключение

Исследование и оптимизация технологического процесса добычи нефти штанговым глубинным насосом с использованием частотно-регулируемого электропривода представляют собой важную область исследований. Эффективное управление, контроль и диагностика состояния этих систем могут привести к увеличению добычи, снижению эксплуатационных расходов и минимизации воздействия на окружающую среду.

Проблемы, связанные с циклическими нагрузками на электродвигатель, низкой эффективностью, и другими аспектами, требуют комплексного исследования и разработки инновационных решений. Использование компьютерных методов диагностики и мониторинга в реальном времени является важным шагом в этом направлении, позволяя оптимизировать процессы и предотвращать потенциальные поломки.

Данное исследование имеет потенциал повысить эффективность добычи нефти в Российской Федерации, что важно с точки зрения экономических и экологических выгод. Результаты этой работы могут послужить основой для разработки более надежных и эффективных систем добычи нефти, способствуя развитию сферы энергетики и сокращению зависимости от ископаемых топлив.

Продолжение исследований в области автоматизированной добычи нефти штанговыми насосами с частотно-регулируемыми электроприводами представляет собой важное направление для дальнейшего развития нефтегазовой промышленности и обеспечения ее устойчивости в условиях современного мира.

1. Нужненко С.А., Герасименко Е.Ю. ДОБЫЧА НЕФТИ ШТАНГОВЫМИ ГЛУБИННО-НАСОСНЫМИ УСТАНОВКАМИ // Достижения науки и образования. 2020. №17 (71).
2. Хакимьянов М.И., Хусаинов Ф.Ф., Шафиков И.Н. Проблемы повышения энергетических характеристик электроприводов скважинных штанговых насосов // ЭС и К. 2017. №2 (35)
3. Urzakov K.R., Molchanova V.A., Tugunov P.M. Method for calculating dynamic loads and energy consumption of a sucker rod installation with an automatic balancing system // Записки Горного института. 2020.
4. Takacs G. Sucker Rod Pumping Handbook. Oxford, United Kingdom, Gulf Professional Publishing, 2015. 585 p

РАЗДЕЛ XXX. МЕХАНИКА

Шемякин Г. И., Исаева С. М.

Основные понятия и определения теории манипуляционных систем

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»

(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-849

Аннотация

Статья посвящена рассмотрению основных понятий теории манипуляционных систем – научной дисциплины, которая изучает структуру, кинематику и динамику механизмов в связи с их анализом и синтезом. Подробно освещены вопросы анализа и синтеза типовых механизмов и их систем.

Ключевые слова: теория манипуляционных систем, анализ, синтез, кинематика механизмов, динамика механизмов.

Abstract

The article dwells upon the theory of manipulating systems that is a scientific discipline that studies the structure, kinematics and dynamics of mechanisms in connection with their analysis and synthesis. It is spoken in detail about is the analysis and synthesis of generic mechanisms and their systems.

Keywords: theory of manipulating systems, analysis, synthesis, mechanisms cinematics, mechanisms dynamics

Любая механическая система: механизм, машина, машинный агрегат состоят лишь из звеньев и кинематических пар.

Каждая подвижная деталь или группа деталей, образующая одну жесткую систему, называется подвижным звеном механизма. Все неподвижные детали, образующие одну жесткую систему, называются неподвижным звеном или стойкой. Подвижные соединения двух соприкасающихся звеньев образуют кинематическую пару. Кинематической цепью называют систему звеньев, связанных кинематическими парами.

Звенья различают как по конструктивным признакам (коленчатый вал, поршень, кулачок, зубчатое колесо), так и по характеру их движения: кривошип (совершает полный круг вокруг неподвижной оси), коромысло (совершает неполный оборот), ползун (совершает поступательное прямолинейное движение), шатун (плоскопараллельное движение).

Условные изображения звеньев на кинематических схемах регламентируется ГОСТом. На кинематических схемах звенья обозначаются арабскими цифрами.

Входное звено (ведущее) – это звено, которому сообщается движение, преобразуемое механизмом в требуемое движение других звеньев. Входное звено соединено с двигателем либо с выходным звеном другого механизма.

Выходное звено — это звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм. Выходное звено как правило соединено с исполнительным устройством.

Механизм — это система, состоящая из звеньев и кинематических пар, образующих замкнутые и разомкнутые цепи, которые предназначены для передачи и преобразования перемещения входных звеньев и приложенных к ним сил в требуемое перемещение и силы на выходных звеньях. Механизм называется плоским, если все его звенья движутся параллельно одной плоскости и траектория всех его точек - плоские кривые.

Машина в современном понятии – это устройство, созданное человеком, для преобразования энергии, материалов и информации с целью облегчения физического и

умственного труда, увеличение его производительности, частичная или полная замена человека.

Кинематическая схема механизма – графическое изображение последовательности соединения звеньев в кинематические пары. Пример кинематической схемы приведен на рисунке 1.

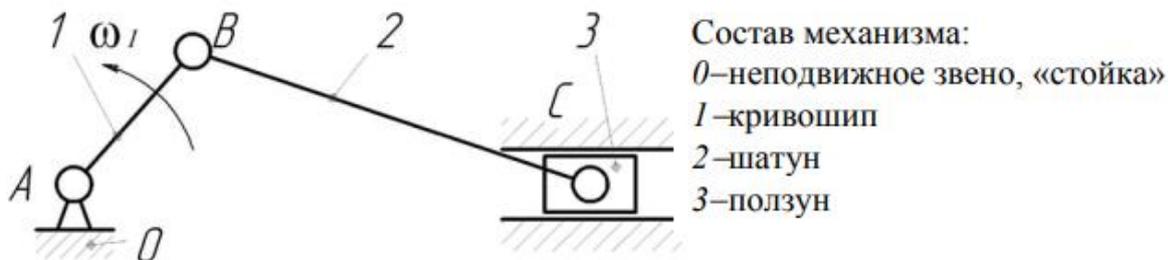


Рисунок 1. Кинематическая схема четырехзвенного кривошипно-ползунного механизма.

В рассмотренном выше примере содержатся 4 кинематические пары. Выделим их, обозначив B_{ij} – вращательную пару, где индексы ij обозначения звеньев, составляющих кинематическую пару; $П_{ij}$ – поступательную пару; $ВП_{ij}$ – высшую кинематическую пару:

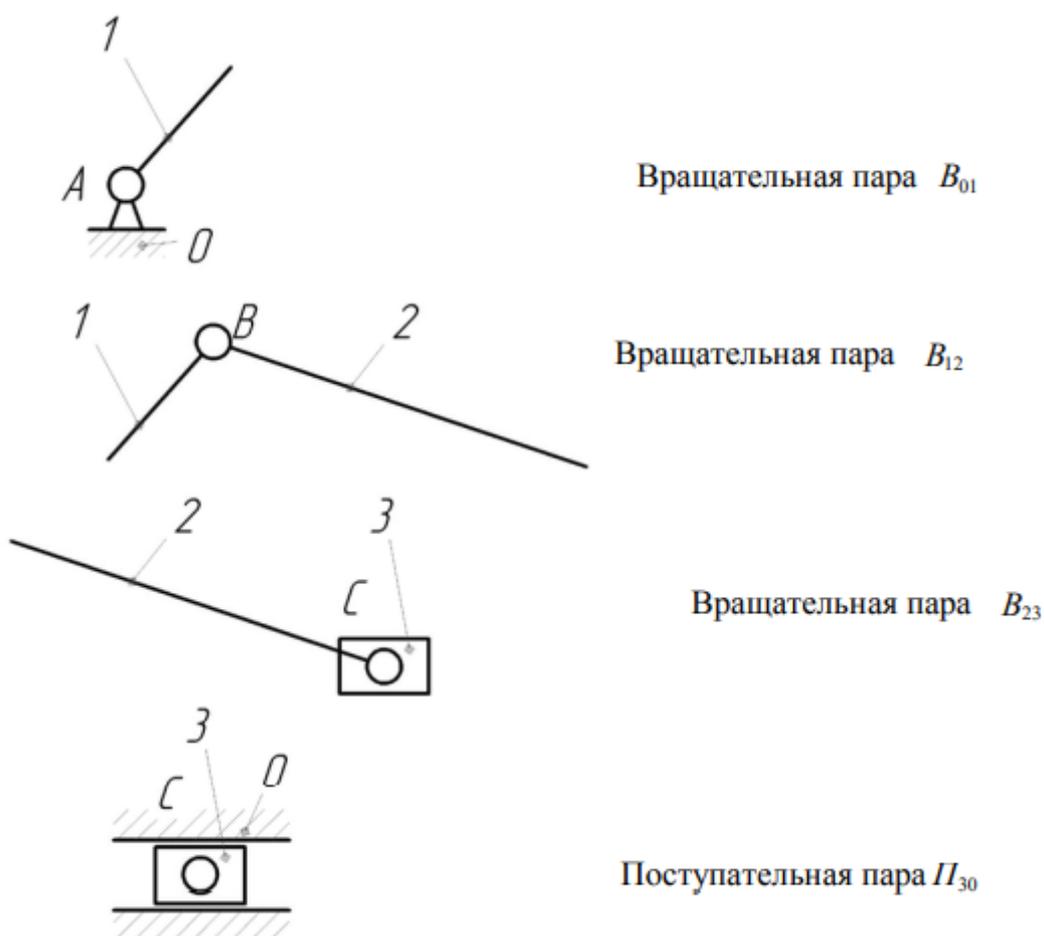


Рисунок 2. Кинематические пары

Классификация кинематических пар.

1) По числу степеней свободы.

Свободное тело, не состоящее в паре, имеет 6 степеней свободы. В кинематической паре условие постоянного соприкосновения звеньев уменьшает число возможных перемещений. Все

кинематические пары в зависимости от количества наложенных связей делятся на классы от первого до пятого: P1... P 5. Если обозначить s – число связей, а f – степень свободы, то их зависимость можно выразить как $f=6-s$

Примеры кинематических пар.

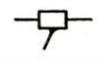
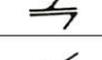
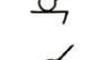
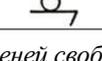
Классификация кинематических пар по числу степеней свободы и числу связей				
Число степеней свободы	Число связей (класс пары)	Название пары	Пример	Условное обозначение
1	5	Вращательная		
1	5	Поступательная		
1	5	Винтовая		
2	4	Цилиндрическая		
2	4	Сферическая с пальцем		
3	3	Сферическая		
3	3	Плоская		
4	2	Цилиндр-плоскость		
5	1	Шар-плоскость		

Рисунок 3. Классификация кинематических пар по числу степеней свободы и числу связей.

2) По характеру соприкосновения. Кинематические пары делятся на низшие (может иметь соприкосновение звеньев по поверхности) и высшие (соприкосновение может иметь только по линии или в точке).

Наряду с упомянутыми парами в практике применяют пары с многократным соприкосновением. Повторение соприкосновений звеньев характеризует эквивалентность пар различных видов. Например, пара с трехточечным контактом может быть эквивалентна плоскости или сферической паре по характеру движения звеньев.

3) По способу замыкания (обеспечение контакта звеньев пары): – силовое замыкание (за счет действия силы веса, силы упругости пружины), например: шар – плоскость, цилиндр – плоскость; – геометрическое (за счет конструкции рабочих поверхностей пары): относятся цилиндрическая, поступательная, вращательная, сферическая, винтовая, шар-цилиндр.

Кинематические цепи подразделяются на:

- Плоские
- Пространственные

В плоской кинематической цепи при закреплении одного из звеньев все точки других звеньев совершают движения в параллельных плоскостях. Остальные кинематической цепи относятся к пространственным. Кинематические цепи подразделяются ещё на:

- Открытые
- Замкнутые

Открытая кинематическая цепь – цепь в которой имеются звенья, входящие только в одну кинематическую пару. Конечности животных и человека также являются открытыми кинематическими цепями.

Замкнутая кинематическая цепь – цепь в которой каждое звено входит в две или более кинематической пары.

Число степеней свободы

Число степеней свободы или подвижность звеньев — это число независимых координат однозначно определяющих положение всех его звеньев на плоскости или в пространстве.

Начальное звено — это звено, которому приписывается одна или несколько обобщённых координат механизма, как правило присваивается 1 координата.

Под обобщённой координатой механизма понимается каждая из независимых между собой координат, определяющее положение всех звеньев механизма относительно стойки.

Траектория движения точки (звена) — это линия перемещения в плоскости: кривая или прямая.

1. САРУЕВ Л.А. МЕХАНИКА. - ЛЕКЦИИ изд. - Томск: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 2010. - 141 с.
 2. ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН // Конспект лекций URL: [https://portal.tpu.ru/SHARED/a/AN/eng/academics/Tab/%D0%90%D0%9D-%D0%98-%D0%9A%D0%90%D0%9D\(%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82\)%D1%81%D0%B0%D0%B9%D1%82.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/a/AN/eng/academics/Tab/%D0%90%D0%9D-%D0%98-%D0%9A%D0%90%D0%9D(%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82)%D1%81%D0%B0%D0%B9%D1%82.pdf) (дата обращения: 17.11.2023).
 3. Прикладная механика // Pandia URL: <https://pandia.ru/text/80/281/5192-2.php> (дата обращения: 18.11.2023).
 4. РУДНИЦКИЙ В.Н. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ И ЕЕ ФОРМЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА ТММ // статья в сборнике трудов конференции. - Брянск: Брянская государственная инженерно-технологическая академия, 2014. - С. 273-277.
-

РАЗДЕЛ XXXI. ЭЛЕКТРОНИКА

Тимурғалиева К.Э., Филина О.В.

Развитие электротранспорта с точки зрения экономического развития региона

*Казанский Государственный Энергетический Университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-850

Аннотация

В статье рассматривается развитие электрофицированного транспорта как фактор экономической эффективности региона.

Ключевые слова: электротранспорт, экономика, регион, Республика Татарстан, электрофикация, автоматизация.

Abstract

The article examines the development of electrified transport as a factor in the economic efficiency of the region.

Keywords: electric transport, economy, region, Republic of Tatarstan, electrification, automation.

Автомобили являются важной частью не только жизни отдельного человека, но и важной частью мировой экономики: начиная от производства и сборки транспортного средства на сборочных конвейерах, заканчивая оплаты пользователем федеральных и региональных налогов пользования транспортом. В условиях активной популяризации идеи о минимизации углеродного следа и уменьшении выбросов от транспорта распространение получила идея замещения традиционного транспорта, работающего на двигателе внутреннего сгорания, на транспорт, работающий на электрической энергии.

Развитие электромобильного транспорта рассматривается многими странами мира как один из способов существенного улучшения состояния окружающей среды и формирования новых рынков инновационной продукции. Инновации в сфере электротранспорта способны оказать – и оказывают – существенное влияние на рынок нефтепродуктов и, в частности, на их спрос, что значительно изменяет положение многих экономических параметров на рынке в сторону тех или иных позиций. Новые технологии автомобильного сектора можно разделить на технологии энергосбережения и энергоэффективности, причём оба вида способствуют понижению спроса на нефть за счёт совершенствования традиционных автомобилей, а также на технологию межтопливной конкуренции, которая обеспечит замещение нефтепродуктов альтернативными видами топлива [1].

Важнейшие механизмы развития отечественных передовых технологий разработки и производства должны быть комплексные «вытягивающие» проекты, которые концентрируют вокруг себя научно-технологические, производственные, организационные ресурсы и обеспечивающие прорыв в ключевых областях рынка. В России в качестве такого может выступить проект «Российский национальный электромобиль» - на данном этапе уже создан значимый задел для реализации подобных начинаний. Для примера рассмотрим Центр компетенций НТИ «Новые производственных технологии» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, где была создана и применяется платформа для разработки модельного ряда электротранспорта под различные запросы потребителей. На базе данной платформы за два года с нуля был разработан и изготовлен предсерийный образец электромобиля «КАМА-1». Предполагается создание аналогичных центров на базе научных институтов [4].

Предлагаемые меры позволят России воспользоваться «окном возможностей» и закрепить на мировом рынке электромобилей до достижения так называемой «точки перелома» - ожидается в 2024 году – и стабилизации рынка, а также способствовать формированию внутреннего спроса и предложения для электромобилей отечественного производства. Кроме того, развитие технологий электротранспорта станет способствовать прогрессу в смежных областях [3].

В 2023 году в России вышло распоряжение Правительства РФ, согласно которому в 2023-2025 годах 10 российских регионов получают субсидии на реализацию проектов, связанных с комплексным развитием городского электрического транспорта [5], что связано с заинтересованностью государства в развитии данного направления городского транспорта. В этом же году предполагается ввести льготы для владельцев электромобилей.

Многие регионы поддерживают инициативу государства в развитии и внедрения в городскую инфраструктуру электрического транспорта. Для примера возьмём реализацию внедрения электротранспорта в республике Татарстан. Начало данному проекту было положено в 2021 году. В РТ проект реализовывается АО «Сетевая компания», результате которого было установлено 14 ЭЭС мощностью 60 кВт для электрического транспорта. В 2022 году, в рамках федеральной программы по развитию зарядной инфраструктуры, нашей компанией было установлено 95 ЭЭС, мощностью 150 кВт. Время полной зарядки – 20-40 минут. На сегодняшний день АО «Сетевая компания» эксплуатирует 109 зарядных станций на территории Республики Татарстан. Основное количество станций установлено в городах Казань, Набережные Челны, Нижнекамск и Альметьевск. Общий объем инвестиций составил 413 млн. руб., в том числе: средства господдержки в виде субсидии на сумму 176,6 млн. руб. (43%). Собственная прибыль Компании в размере 236,3 млн. руб. (57,2%). При выборе локации тщательно прорабатывался ряд критериев, основными из которых являлись: автомобильные дороги федерального и регионального значения, оснащенные многофункциональной зоной дорожного сервиса; автозаправочные станции, оснащенные придорожной инфраструктурой в виде точки общественного питания; в городской черте с примыкающими к объекту парковочным пространством и возможностью неограниченного круглосуточного доступа; близость к центрам питания - минимизация затрат на ТП; высокий трафик, удобство подъездных путей; приоритет земельных участков, находящихся в государственной и муниципальной собственности.

АО «Сетевая компания» своевременно и в полном объеме ввела в эксплуатацию самое большое количество ЭЭС из всех регионов-участников программы, сейчас в Татарстане насчитывается 95 зарядных станций по всей России (в 2022 году было установлено 400 ЭЭС). Татарстан стал крупнейшим оператором быстрых зарядных станций для электромобилей [3].

Также в России имеются достаточные компетенции для конструирования тяговых батарей для электротранспорта, но в то же время отсутствует производство ячеек литий-ионных аккумуляторов с необходимой удельной энергией в достаточном объеме. Организация производства составляющих электрокаров может способствовать повышению экономических показателей региона, в котором будет расположено производство, к таким можно отнести: экономический потенциал региона, увеличение рабочих мест, инвестиционная привлекательность региона.

Развитие ранее слабо развитой отрасли зависит от вливания в неё денежных и кадровых средств: так например, в Вологде идёт активная реализация проекта «Развитие электротранспорта», который оказывает влияние на экономику: за полтора года реализации проект получил инвестирование в 81,286 млн. рублей. Также в 2022 году в рамках участия в федеральной программе было запланировано приобретение 35 троллейбусов на сумму в 760 млн. рублей [6].

Мировые продажи электромобилей в 2020 году превысили отметку в 2 млн. единиц. Коммерческие автомобили добавили еще около 100 тыс. единиц. При этом доля электромобилей в показателях продаж легковых автомобилей в мире составила около 2,5%, а общий парк электромобилей, произведённых и приобретённых за всё время, достиг отметки 7,5

млн. единиц легкой и 700 тыс. единиц коммерческого транспорта. В настоящее время порядка 90% всего парка электромобилей расположено в Китае, США, Японии и Европе. Успех иностранных рынков обусловлен относительно высоким уровнем жизни, повышающимися экологическими требованиями, высокими субсидиями на развитие ВИЭ и ограничениями для автомобилей с ДВС.

В Европе и в Азии инновационный электротранспорт используется уже не первый год. В Китае особую ставку делают на электробусы. Многие страны-члены ЕС предоставляют налоговые стимулы для обладателей электротранспортных средств – налоговые льготы, освобождения и премиальные выплаты для покупателей авто. Сегодня Норвегия является мировым лидером по продажам электротранспорта на душу населения – там владельцы электрокаров получают максимальную поддержку государства, выражающаяся в предоставлении прямых налоговых льгот, бесплатного использования платными дорогами и парками, возможности пользоваться полосами для общественного транспорта, а также обеспечении бесплатных заправок и парковок с подзарядкой [2].

Таким образом, полная автоматизация и электрификация городской системы должна стать толчком развития федеральной автоматизации, предназначенным для повышения политической стабильности на мировой арене в рамках поддержки экологической и инновационной повестки. Замена привычного транспорта на двигателях внутреннего сгорания на электродвигатели способствует глобальному переделу экономики государства, в частности экономии финансовых средств бюджета, рационального использования энергии и природных ресурсов, а также непосредственное повышение эффективности административного управления.

На сегодняшнем этапе развитие электротранспорта в России претерпевает значительное улучшение, появляется целостная политика развития отрасли, постепенно регионами страны вводятся приоритетные направления развития того или иного городского транспорта, выделяется финансирование, разрабатываются новые методы и способы внедрения. Важной задачей сейчас является повышение существующих показателей с постепенным добавлением новых – одной из самых недооценённых проблем электротранспорта является отсутствие культуры электротранспорта в России, для искоренения сложившейся ситуации также необходимо финансирование, которое будет направлено на введение дополнительного курса в программу первичного обучения будущих водителей культуре правильной эксплуатации электрического транспорта.

1. Тякина, Е. В. Проблемы и перспективы развития электротранспорта в Приморском крае / Е. В. Тякина, М. А. Шмакотин, Д. К. Шуруп // Новая экономика, бизнес и общество: Сборник материалов Апрельской научно-практической конференции молодых исследователей, Владивосток, 11 апреля – 19 апреля 2022 года. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2022. – С. 453-456. – EDN HRSWYI.
2. Кирсанов, С. А. Перспективы развития городского электротранспорта в России / С. А. Кирсанов, Д. Самонин // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2019. – № 3(35). – С. 182-190. – EDN AYZOPA.
3. Перспективы развития рынка электротранспорта и зарядной инфраструктуры в России: экспертно-аналитический доклад / Д. В. Санатов [и др.]; под ред. А. И. Боровкова, В. Н. Княгинина. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – 44 с.
4. Официальный сайт ПАО «КАМАЗ» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://kamaz.ru/> (дата обращения: 09.10.2023)
5. Распоряжение Правительства РФ от 31.03.2023 г. № 798-р. Москва [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/h27J7YvhPZmAdSxrZVPFYyOV6t24Z4qE.pdf> (дата обращения: 09.10.2023)
6. Секушина Ирина Анатольевна, Пахнина Светлана Юрьевна ТЕНДЕНЦИИ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ КРУПНЫХ ГОРОДОВ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ // Проблемы развития территории. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-i-problemy-razvitiya-transportnyh-sistem-kрупnyh-gorodov-vologodskoy-oblasti> (дата обращения: 09.10.2023).

РАЗДЕЛ XXXII. ТРАНСПОРТ

Илюхина Д.С., Драч А.А.

Правовые аспекты обеспечения безопасности при использовании индивидуальных транспортных средств

Государственный морской университет имени Ф.Ф. Ушакова
(Россия, Новороссийск)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-851

Научный руководитель: Литвин Т.А.

Аннотация

В статье авторами рассмотрены некоторые неблагоприятные аспекты и возможные негативные последствия в сфере современных технологичных транспортных средствах, а также в сфере безопасности дорожного движения

Ключевые слова: транспортные технологии, безопасность дорожного движения, электросамокаты, правовое регулирование, научно-технический прогресс, инноваций.

Abstract

In the article the authors consider some unfavorable aspects and possible negative consequences in the field of modern technological vehicles, as well as analyze the problems of legislative regulation of their use in the field of road safety

Keywords: transport technologies, road safety, electric scooters, legal regulation, scientific and technological progress, innovation.

В связи с бурно развивающимся научно-техническим прогрессом происходят различные изменения практически во всех сферах жизнедеятельности человека. На сегодняшний день транспортные технологии имеют огромное значение для нашей общественной жизни и оказывают значительное влияние на мобильность, безопасность и качество нашего повседневного передвижения. С постоянным развитием инноваций в этой области, технологии транспорта продолжают эволюционировать, приносящие позитивные и негативные изменения в наш мир.

Одним из главных преимуществ транспортных технологий является снижение загрязнения окружающей среды. Внедрение электрического транспорта, использование экологически чистых источников энергии влияют на сокращение выбросов углекислого газа и повышение качества воздуха в городах.

Следует отметить, транспортные технологии способствуют: развитию производства, расширению рынков сбыта, улучшению качества жизни населения.

Безопасность в сфере транспорта значительно улучшается благодаря применению передовых технологичных систем. Эти системы включают передовые датчики, камеры и алгоритмы распознавания, что приводит к улучшению безопасности дорожного движения. Они включают системы предупреждения о столкновении и другие инновации, помогающие снизить количество аварий и спасти жизни.

Кроме того, технологии транспорта делают наше передвижение более эффективным и приятным. Мы видим развитие автономных транспортных систем, таких как беспилотные автомобили и электрические самокаты, которые предлагают новые возможности для удобного и гибкого перемещения. Также развиваются мобильные приложения для заказа такси и общественного транспорта, позволяющие нам легко перемещаться и планировать наши поездки.

Следует отметить, что развитие технологий транспорта также требует рассмотрения вопросов безопасности, приватности и регулирования. Важно обеспечивать правильное балансирование между инновациями и общественными интересами, чтобы создать устойчивую и эффективную транспортную среду для всех.

Одним из самых актуальных способов передвижения в наше время является электросамокат, это крайне популярный вид транспорта в наше время.

За последние два-три года значительно увеличилась интенсивность движения таких индивидуальных средств как электросамокаты не только по тротуарам, но и проезжим частям улиц населенных пунктов, что представляет существенную опасность как для пешеходов, автомобилистов, мотоциклистов, других участников дорожного движения, так и для лиц, управляющих ими

К сожалению, на данный момент, они оказывают значительное влияние на риск для безопасности пешеходов, автомобилей, мотоциклистов, особенно в тех случаях, когда электросамокаты используются на тротуарах или в других зонах, предназначенных для пешеходов.

Рассмотрим некоторые неблагоприятные аспекты и возможные негативные последствия, которые могут возникнуть при использовании электросамокатов и оказывать отрицательное влияние на общество. [1]

Во-первых, безопасность пешеходов. Возникает риск для безопасности пешеходов, особенно в тех случаях, когда электросамокаты используются на тротуарах или в других зонах, предназначенных для пешеходов. Высокая скорость и маневренность электросамокатов могут быть опасными, особенно при малой видимости или незнакомстве с правилами дорожного движения.

Во-вторых, утилизация и экологические вопросы. Высокая популярность электросамокатов может привести к росту потребления электроэнергии и увеличению объема отходов. Вопросы, связанные с переработкой или утилизацией старых и поврежденных электросамокатов, могут возникать в процессе их использования.

В-третьих, парковка и блокирование тротуаров. Некорректное парковка и оставление электросамокатов на тротуарах может вызывать неудобства для пешеходов, особенно для людей с ограниченной подвижностью. Ненадлежащая парковка также может создавать преграды для автомобильного движения и других транспортных средств.

В настоящее время в данном направлении ведутся активные работы, предлагаются разнообразные пути решения данной проблемы и усовершенствования правового регулирования.[2]

С увеличением популярности средств мобильности, возникает все больше спорных ситуаций, связанных с их использованием, поскольку эти средства становятся все более распространенными среди различных пользователей, законодатель внес изменения в действующее законодательство и с октября 2022 г. электросамокаты закреплены в ПДД в качестве средства индивидуальной мобильности – транспортного средства. По нашему мнению, это новшество станет главным основанием для создания единой правоприменительной практики по привлечению субъектов к гражданской ответственности за вред, причиненный ИПО.

С 1 марта 2023 г. вступили в силу поправки в Правила дорожного движения, которые частично урегулировали эксплуатацию средств индивидуальной мобильности (далее — СИМ). Согласно изменениям СИМ является транспортным средством, имеющим одно или несколько колес (роликов), предназначенным для индивидуального передвижения человека посредством использования двигателя (двигателей) (электросамокаты, электроскейтборды, гироскутеры, сегвеи, моноколеса и иные аналогичные средства). [3]

С учетом сложившейся обстановки необходим комплексный подход к разработке и внесению изменений и дополнений в различные нормативно-правовые акты, регулирующие дорожное движение и его безопасность. В рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги» необходима разработка отдельных полос с ограждениями, для того,

чтобы данные транспортные средства не выезжали на проезжую часть и пешеходную зону. Реализация данного направления позволит усовершенствовать социальную инфраструктуру, сделать её доступной и повысить качество в жизни.

В целом, технологии транспорта играют ключевую роль в нашей жизни, и их постоянное совершенствование ведет к повышению эффективности, безопасности и качества жизни. Ждем с нетерпением новых инноваций и технологических решений, которые будут продолжать менять пейзаж нашей транспортной системы. Прогресс технологий в транспортной сфере открывает новые перспективы для улучшения мобильности, сокращения отрицательного воздействия на окружающую среду и создания более эффективных систем перемещения. Однако внедрение этих новых технологий также возникают вопросы безопасности, защиты личной жизни и регулирования. Поэтому важно тщательно изучать и учитывать преимущества и недостатки этих инноваций, чтобы создать устойчивую и удобную транспортную среду для всех участников.

1. Герреро-Ибаньес, Х. А., Седейл С., Контрерас-Кастильо, Дж. Проблемы интеграции интеллектуальных транспортных систем с подключенными транспортными средствами, облачными вычислениями и технологиями Интернета вещей. IEEE Вирел. Коммун. Маг. 2015 г.; 22: 122–128. DOI: 10.1109/MWC.2015.7368833. [Перекрестная ссылка] [Академия Google]
2. Контрерас Х., Седейл С., Геррерос Банез Джордж. Интернет транспортных средств: архитектура, протоколы и безопасность. IEEE Internet Things J. 2017 doi: 10.1109 / LIOT. 2017.2690902. [CrossRef] [Google Scholar] Герреро-Ибанез Дж., Флор-Кортес К., Зедалли С. Автомобильные специальные сети (VANET): архитектура, протоколы и приложения. В: Чиламкурти Н., Коши Х., Седейл С., редакторы. Беспроводные технологии следующего поколения 4G и выше. 2013 г. С. 49-70.
3. Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 N 1090 (ред. от 02.06.2023) "О Правилах дорожного движения" (вместе с "Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения") // Собрание актов Президента и Правительства Российской Федерации, 1993, № 47, ст. 4531.

Кинк А.Р., Исаева С.М.

Логистическая характеристика различных видов транспорта

*ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-852

Аннотация

В статье представлена сравнительная характеристика различных видов транспорта при выборе эффективного способа перевозок с учетом требований рынка к условиям транспортного обслуживания пользователей. Основное внимание в работе авторы акцентируют на изучении основных преимуществ и недостатков сравниваемых видов транспорта, характеризующих их конкурентные возможности, эксплуатационно-технические и экономические особенности и условия работы.

Ключевые слова: логистика, железнодорожный транспорт, автомобильный транспорт, морской транспорт, речной транспорт, трубопроводный транспорт, авиационный транспорт.

Abstract

The author introduces the comparative characteristics of different types of transport when choosing an efficient way of transportation minding the market requirements to the conditions of transport customer service. The subject matter of the study is the study of the compared modes of transport main advantages and disadvantages, that characterize their competitive capabilities, maintenance engineering and economic features and operating conditions.

Keywords: logistics, railway transport, road transport, water transport, river transport, pipeline transport, aviation transport.

Основой выбора вида транспорта, оптимального для конкретной перевозки, служит информация о характерных особенностях различных видов транспорта (автомобильного, железнодорожного, морского, внутреннего водного, воздушного и трубопроводного).

Рассмотрим основные преимущества и недостатки использования транспортных средств с точки зрения логистики.

Железнодорожный транспорт.

Железнодорожный транспорт – этот вид транспорта хорошо приспособлен для перевозки различных партий грузов при любых погодных условиях. Железнодорожный транспорт обеспечивает возможность сравнительно быстрой доставки груза на большие расстояния. Перевозки регулярны [1].

Основными преимуществами железнодорожного транспорта являются:

- возможность массовых перевозок грузов и пассажиров и высокая пропускная и провозная способность железнодорожных линий, исчисляемая десятками миллионов тонн грузов и миллионами пассажиров в год в каждом направлении;
- регулярность, ритмичность перевозок независимо от климатических условий, времени года и суток;
- как правило, более короткий путь перевозки по сравнению с речным и морским транспортом и более высокая скорость доставки грузов, в т.ч. по транспортным коридорам;
- большая эффективность перевозок грузов на средние и дальние расстояния, особенно маршрутами;
- относительно невысокая себестоимость по сравнению с другими видами транспорта (кроме морского и трубопроводного);
- высокий уровень безопасности движения и экологичности.

К недостаткам железнодорожного транспорта можно отнести [3]:

- высокую стоимость сооружения железнодорожной инфраструктуры (путь, сооружения, в т.ч. мосты и тоннели)
- медленную отдачу от инвестиций в инфраструктуру (период окупаемости капиталовложений 15 и более лет);
- большой удельный вес условно-постоянных расходов в себестоимости перевозок (до 70%), что ограничивает возможности управления затратами;
- высокая материалоемкость и энергоемкость производства.

Автомобильный транспорт.

Автомобильный транспорт – традиционно используется для перевозок на короткие расстояния. Одно из основных преимуществ — высокая маневренность. Обладает рядом технико-экономических особенностей, определяющих его преимущества и широкое использование во всех отраслях хозяйства:

- высокая маневренность и подвижность;
- способность доставки грузов и пассажиров «от двери до двери»;
- более высокая скорость доставки грузов и в некоторых случаях более короткий путь следования;
- широкая сфера применения по видам сообщений, родам грузов и расстояниям перевозки, способность и эффективность доставки грузов небольшими партиями;
- меньшие удельные капиталовложения в дорожное строительство с учетом качества дорог.

К недостаткам автомобильного транспорта следует отнести:

- высокую себестоимость перевозок;
- низкая безопасность движения и высокий уровень аварийности.
- большую энергоемкость и металлоемкость;

- большую трудоемкость и низкую производительность труда (на автотранспорте занято около 3/4 всех работающих на транспорте);
- высокий уровень загрязнения окружающей среды (около 80% загрязнений от всех видов транспорта);

Морской транспорт.

Морской транспорт -является самым крупным перевозчиком в международных перевозках. Основными преимуществами морского транспорта являются [2]:

- возможность осуществления массовых, в т.ч. межконтинентальных, межбассейновых и внутрибассейновых (каботажных) перевозок грузов и пассажиров, основной транспорт внешнеторговых перевозок грузов;
- неограниченна линейная провозная и пропускная способность, что позволяет строить транспортные суда большой грузоподъемности (до нескольких десятков и даже сотен тысяч тонн);
- низкая по сравнению с другими видами транспорта себестоимость перевозок грузов на дальние расстояния и более высокая, чем на речном транспорте, скорость движения;
- меньший удельный расход топлива и затрат энергии на единицу перевозок, т.к. меньше удельное сопротивление движению, чем на сухопутных видах транспорта;
- меньшие инвестиции в развитие инфраструктуры (порты, логистические инфраструктуры).

К недостаткам морского транспорта следует отнести:

- ограниченность обслуживания территорий, т.е. только имеющих выход к морским берегам;
- зависимость от метеорологических и климатических условий (от ветров, течений, штормов, продолжительности навигационного периода и т.п.);
- значительные капиталовложения в портовое хозяйство и транспортный флот.

Речной транспорт.

Речной транспорт - транспорт, осуществляющий перевозки грузов и пассажиров судами по внутренним водным путям, как по естественным (реки, озёра), так и по искусственным (каналы, водохранилища). Перевозки по Каспийскому морю относятся к морскому транспорту, хотя фактически это море является озером (самым большим в мире).

Основными преимуществами речного транспорта являются:

- высокая провозная и пропускная способность на глубоководных реках, что позволяет строить речные суда грузоподъемностью до нескольких тысяч тонн;
- возможность массовых перевозок грузов и пассажиров в навигационный период;
- относительно невысокая себестоимость перевозок, особенно массовых (генеральных) грузов;
- небольшие удельные размеры капиталовложений, расход металла и топлива ввиду малого удельного сопротивления движению, особенно при следовании по течению рек.

К недостаткам речного транспорта необходимо отнести:

- зависимость от географических особенностей размещения судоходных рек, несовпадение меридионального направления течения многих крупных рек в нашей стране с основными грузопотоками, следующими в широтном направлении;

- нерегулярность работы в течение года и сезонная зависимость от климатических условий (большинство рек зимой замерзают, а навигационный период составляет 145-240 суток);
- меньшая по сравнению с железнодорожным и морским транспортом скорость доставки грузов, часто более протяженный путь следования, замедление доставки при шлюзовании.

Трубопроводный транспорт.

Основными преимуществами трубопроводного транспорта являются [5]:

- высокий уровень автоматизации и герметизации транспортировки (низкая трудоемкость и почти отсутствие потерь груза);
- самые низкие себестоимость и тарифная ставка перекачки нефти и нефтепродуктов (по сравнению с железнодорожным и водным – в 3-4 раза);
- наименьшие удельные капитальные вложения на единицу перевозок по сравнению с другими видами транспорта;
- высокая экологичность и безопасность перевозок.

Основным недостатком трубопроводного транспорта является его узкая специализации - только для перекачки жидкого и газообразного топлива.

Авиационный транспорт.

Авиационный транспорт - понятие, включающее как собственно воздушные суда, так и необходимую для их эксплуатации инфраструктуру: аэропорты, диспетчерские и технические службы.

Основными преимуществами воздушного транспорта в пассажирских перевозках являются:

- высокая скорость доставки пассажиров, комфортабельность проезда в подвижном составе;
- маневренность в организации пассажирских перевозок. Новые воздушные линии могут создаваться в короткие сроки и с небольшими капиталовложениями;
- большая беспосадочная дальность полета (до 10 тыс. км). Беспосадочные полеты повышают скорость доставки пассажиров;
- кратчайшие расстояния воздушных маршрутов по сравнению с маршрутами на других видах транспорта;
- экономия времени пассажиров;
- достаточно высокая культура обслуживания пассажиров во время полетов.

К недостаткам воздушного транспорта можно отнести малую грузоподъемность и высокую себестоимость и соответственно стоимость перевозок грузов (в несколько, а порой в десятки раз превышающую стоимость перевозки на других видах транспорта).

Указанные выше преимущества и недостатки видов транспорта находят отражение в определенных технико-экономических показателях, которые являются основой для определения эффективности и сфер рационального использования рассматриваемых способов перевозок. К таким показателям относятся: протяженность и густота транспортной сети, регулярность перевозок, скорость и сроки доставки, себестоимость и стоимость перевозки, качество обслуживания (надежность, безопасность, экологичность), трудоемкость, капиталоемкость, энергоемкость и металлоемкость, вида транспорта.

Сопоставление численных величин некоторых из показателей наглядно демонстрирует перечисленные выше характеристики видов транспорта.

Таблица 1

Показатели и оценки работы различных видов транспорта России.

Вид транспорта	Эксплуатационная длина, тыс. км	Густота сети, км на 1000 кв. км	Себестоимость перевозки, руб./10 прив. т·км	Удельные кап. Вложения, руб./10 прив. т·км	Производительность труда, тыс. прив. т·км/1 раб.	Потребительские оценки, место		
						По качеству обслуживания	По безопасности движения	По экологичности
Железнодорожный	85,7	5,1	0,78	9,2	1366	4	2	2
Автомобильный	950	47	10,7	8,0*	145	3	6	6
Нефтепроводный	75	4,4	0,18	6,5	18000	1	1	1
Морской	–	–	0,32**	6,0	9500	5	5	5
Внутренний водный	101	5,3	0,50	3,8	1500	6	3	4
Авиационный	600	35,4	1,7	5,6	980	2	4	3

*с учетом строительства автомагистралей

**по грузовым перевозкам.

Железные дороги хотя и отстают от других видов транспорта по качеству обслуживания, однако весьма надежны по безопасности перевозок и высокоэкологичны. Железнодорожный транспорт является также эффективным и доступным видом транспорта по себестоимости перевозок и тарифам.

Нельзя не заметить относительно низкую густоту железных и автомобильных дорог России, особенно за Уральским хребтом (5,1 и 47 км на 1000 кв. км), особенно с такими странами как Германия - 125 и 694 км, США - 26,6 и 638 км, Украина - 37,7 и 267 км соответственно.

В настоящее время осуществляется ряд комплексных проектов, связанных со строительством новых железных дорог на эффективных направлениях (например, Урал промышленный – Урал полярный).

Вместе с тем следует отметить высокую техническую оснащенность российских железных дорог. Более 86% развернутой длины дорог (126 тыс. км) занимают пути с тяжелыми стальными рельсами типа Р65 и Р75 в основном на щебеночном балласте и железобетонных шпалах на главных путях. Протяженность электрифицированных линий 39,4 тыс. км или 47,6% эксплуатационной длины сети, на которых выполняется более 77% всей перевозочной работы.

Большинство крупных предприятий располагают железнодорожными подъездными путями (их общая длина составляет 53 тыс. км, а развернутая – более 80 тыс. км) что позволяет обеспечивать бесперегрузочную доставку грузов по железным дорогам по схеме от двери до двери; (около 70% перевозок).

Приведенный анализ характерных особенностей работы и развития видов транспорта показывает, что каждый из них занимает определенную нишу транспортного рынка и по многим грузам и регионам слабо конкурирует друг с другом. Однако транспортная инфраструктура России требует значительного развития, строительства новых железных и автомобильных дорог, модернизации морского, речного и воздушного транспорта, значительного повышения качества обслуживания пользователей. Необходимо также с одной стороны усиление интеграции и взаимодействия видов транспорта в рамках единой транспортной системы страны, а с другой - развитие конкуренции между видами транспорта в определенных сегментах транспортного рынка с учетом преимуществ и недостатков каждого из них, качества оказываемых услуг, надежности, безопасности и стоимости перевозок грузов и пассажиров.

В настоящее время все трудности и недостатки по конкурентоспособности связаны с неудовлетворительным состоянием инфраструктуры видов транспорта. На каждом виде транспорта принимается собственная система мер по модернизации. Например, на железных

дорогах – это комплексные проекты на условиях государственно-частного партнерства (ГЧП), на морском транспорте - развитие портовых комплексов, в том числе создание сухих портов. По внутреннему водному транспорту – реализация программы восстановления инфраструктуры пароходств.

1. Терёшина Н.П., Епишкин И.А. Экономика железнодорожного транспорта. Курс лекций по дисциплине «Экономика железнодорожного транспорта» для студентов экономических специальностей и направлений подготовки. – М: МИИТ, 2012.
2. Гаджинский А.М. Логистика: Учебник для высших и средних специальных учебных заведений. - М.: ИНФРА-М, 2005.
3. Логистика: Учебник / Под ред. Б.А. Аникина. – М.: ИНФА-М, 2005.
4. Неруш Ю.М. Логистика: Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007.
5. Основы логистики. Учебное пособие / Под ред. Л.Б. Миротина, В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 2006.

Козлов А.А., Говердовская Л.Г.

Перспективы развития альтернативного транспорта в городской среде

Самарский государственный технический университет

(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-853

Аннотация

Статья исследует роль средств индивидуальной мобильности в городской транспортной системе, рассматривая их влияние на, безопасность и мобильность населения. Основная проблема - анализ интеграции СИМ в России, в частности в Самаре. Результаты показывают, что СИМ могут снизить нагрузку на транспортную систему и повысить безопасность. Новизна статьи - в комплексном исследовании СИМ и их взаимодействия с традиционными видами транспорта.

Ключевые слова: средство индивидуальной мобильности, городская транспортная инфраструктура, новые способы передвижения.

Abstract

The article explores the role of means of individual mobility in the urban transport system, considering their impact on the safety and mobility of the population. The main problem is the analysis of SIM integration in Russia, in particular in Samara. The results show that SIM can reduce the load on the transport system and improve safety. The novelty of the article lies in a comprehensive study of SIM and their interaction with traditional modes of transport.

Keywords: means of individual mobility, urban transport infrastructure, new ways of movement.

Одной из наиболее острых проблем, с которыми сталкиваются жители крупных городов, является транспортный кризис. Рост населения и увеличение количества автомобилей приводит к тому, что расширить городские дороги становится сложно, а порой невозможно из-за высокой плотности застройки.

По данным исследования компании TomTom, занимающейся разработкой GPS-систем, автомобильные дороги в Московском регионе загружены на 59%. Это ставит столицу на 6-е место в рейтинге городов с самыми загруженными дорогами.

Если говорить о Самаре, то она также испытывает проблемы с загруженностью дорог. В исследовании TomTom указано, что загруженность дорог в Самаре составляет 40%, что ставит город на 116-е место в мировом рейтинге загруженности дорог.

Разрешение транспортного коллапса является одной из приоритетных задач городских властей Самары. Меры по снижению перегруженности дорог можно разделить на два типа:

1. Улучшение дорожной инфраструктуры, включая расширение дорог и устранение одноуровневых перекрестков.
2. Снижение числа автомобилистов, для чего ведется работа в двух направлениях. Во-первых, создаются условия, при которых использование автомобиля становится менее удобным - вводятся платные парковки, ограничиваются места для стоянки автомобилей. Во-вторых, улучшается качество общественного транспорта.

Другой альтернативой личному автомобилю являются сервисы каршеринга и такси. По комфорту они не уступают личному автомобилю и не перегружают транспортную систему, поскольку одна машина такси или каршеринга перевозит нескольких человек в день. С другой стороны, стоимость поездки на такси или автомобиле каршеринговой компании значительно выше, чем на автобусе, троллейбусе или метро. Однако есть еще один вариант - использование средств индивидуальной мобильности, таких как электросамокаты и гироскутеры. Они обеспечивают быстрый и удобный способ передвижения, не загружая дороги и будучи дешевле общественного транспорта.

В российском законодательстве пока нет четкого определения “средство индивидуальной мобильности”, однако, в соответствии с проектом изменений к правилам дорожного движения, разработанным Министерством транспорта России, под средством индивидуальной мобильности подразумеваются устройства, предназначенные для перемещения человека с помощью электродвигателя и/или мышечной силы человека (роликовые коньки, самокаты, электросамокаты, скейтборды, электроскейтборды, гироскутеры, сегвеи, моноколеса и другие аналогичные устройства), за исключением велосипедов и инвалидных кресел. Отдельно стоит отметить электрические СИМ, которые обеспечивают более комфортное и удобное перемещение без физических усилий.

Что же могут предложить СИМ?

Экологичность: автомобили - основной источник загрязнения воздуха, в то время как электрические СИМ не производят CO₂ и почти не выбрасывают твердые частицы.

Маневренность: СИМ позволяют добраться прямо до места назначения и могут быть припаркованы у входа, что делает их особенно удобными в условиях городской среды. Однако, СИМ также создают проблемы для городов. Основная из них связана с безопасностью дорожного движения. Быстро распространившись, электросамокаты уже стали причиной большого числа аварий на дорогах. Например, согласно данным Научного центра безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации, в 2022 году число ДТП с участием СИМ с электродвигателем выросло более чем в 7 раз. На рисунке 1 представлена динамика таких аварий. [2, с. 88].

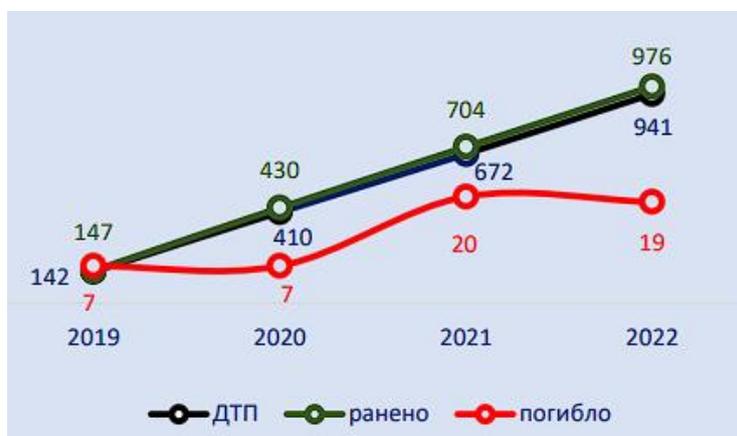


Рисунок 1. Тенденции развития показателей аварийности с участием средств индивидуальной мобильности с электродвигателем.

Важно отметить, что в представленной статистике были учтены только случаи дорожно-транспортных происшествий, в которых участвовали автомобили. Необходимо учесть, что существует вероятность того, что еще множество других инцидентов произошло с участием обычных пешеходов.

Основной проблемой, связанной с безопасностью движения СИМ, является неопределенность. Согласно правилам дорожного движения, пользователь СИМ не считается пешеходом, но имеют право передвигаться по тротуарам. Однако, учитывая, что скорость СИМ может быть значительно выше, чем скорость пешеходов, это создает опасность для окружающих. Во многих странах уже принимаются меры по регулированию движения СИМ. Некоторые из этих мер приведены в Таблице 1 [3].

Таблица 1

Анализ методов регулирования средств индивидуальной мобильности в зарубежных странах.

Страна	Водительское удостоверение, регистрация, страховка	Ограничение максимальной мощности, кВт	Ограничение максимальной скорости, км/ч	Обязательное ношение защитного шлема (для лиц старше 18 лет)
Германия	Да	0,5	20	Нет
Франция	Нет	Нет	25	Нет
Англия	ДА	Нет	25	Нет
Австрия	Нет	0,6	25	Нет
Нидерланды	Да	Нет	25	Нет
Латвия	Нет	Нет	25	Нет
Швейцария	Да	0,25	20	Нет

Власти России проявляют лояльность по отношению к новому виду транспорта - средствам индивидуальной мобильности. В течение последних нескольких лет были введены определенные ограничения в отношении распределения и использования самокатов и электрических скутеров. Согласно новым правилам, на территории Самары были определены «медленные зоны», где максимальная скорость движения на СИМ ограничена 15 км/час. В остальных районах города разрешается движение с максимальной скоростью до 25 км/час. Такие меры предпринимаются для обеспечения безопасности и комфорта пешеходов и водителей других видов транспорта. В более отдаленных районах Самары, где уровень автомобильного движения ниже, ограничений на использование СИМ нет. Тем не менее, администрация города продолжает работу над совершенствованием правового регулирования данной сферы, так как она становится все более популярной и востребованной среди жителей и гостей Самары.

Подводя итог, можно сказать, что, несмотря на свое удобство, средства индивидуальной мобильности вряд ли смогут полностью заменить автомобиль, поскольку они не позволяют осуществлять поездки с семьей и перевозить багаж. Также стоит учесть климатические условия — в отличие от европейских стран, в России климат гораздо более суровый, что накладывает определенные ограничения на использование индивидуального транспорта. Однако СИМ все же являются перспективным видом транспорта, способным частично снизить нагрузку как на личный, так и на общественный транспорт

1. Постановление правительства РФ «О внесении изменений в постановление Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 23 октября 1993 г. № 1090» (проект)
2. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2022 год. Информационно-аналитический обзор. М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2023. 150 с
3. Министерство транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://katayskraion.gosuslugi.ru/netcat_files/41/297/2023_03_01_sim.pdf (дата обращения: 18.11.2023)
4. TomTom Traffic Index – обзор уровня загруженности дорог [Электронный ресурс]. URL: https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ (дата обращения: 18.11.2023)

Сайтов Р.И., Сайтов С.И., Исаева С.М.
Особенности поездов концепции Push Pull

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-854

Аннотация

Статья рассматривает концепцию двухтактных поездов, которая представляет собой тип поездов, буксируемых локомотивом и позволяющих управлять ими с любого конца поезда. Авторами проанализированы принципы реализации данной концепции поездов: отмечены её достоинства и недостатки, а также возможные проблемы её интеграции в сеть железных дорог России.

Ключевые слова: двухтактный поезд, локомотив, вагон управления, пушпульный

Abstract

The purpose of the article is to analyze the Push Pull trains concept. It involves the type of trains pulled by locomotive that can be operated from any end of the train. The authors analyze the principles of Push Pull trains concept: notify its strengths and weaknesses, trace the process of its integration into Russian railway system.

Keywords: push pull train, locomotive, control car, push-pull

Поезда концепции Push Pull (они же двухтактные поезда) – это тип поездов, буксируемых локомотивом(-ами), позволяющий машинисту управлять ими с любого конца поезда, независимо от того, есть ли локомотив на каждом конце или нет.

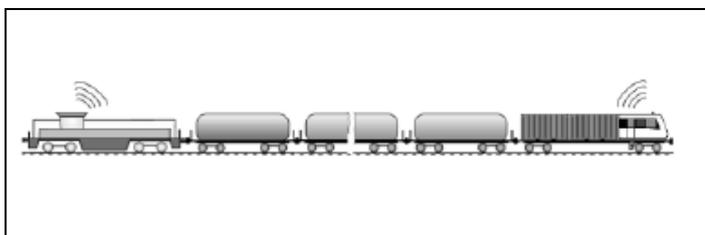


Рисунок 1. Двухтактный поезд.

Push Pull поезда имеют несколько реализаций этой концепции:

В поезде имеются локомотивы, расположенные в обоих концах поезда и используемые одновременно и управляются одним машинистом. Примером могут послужить французские поезда серии TGV.

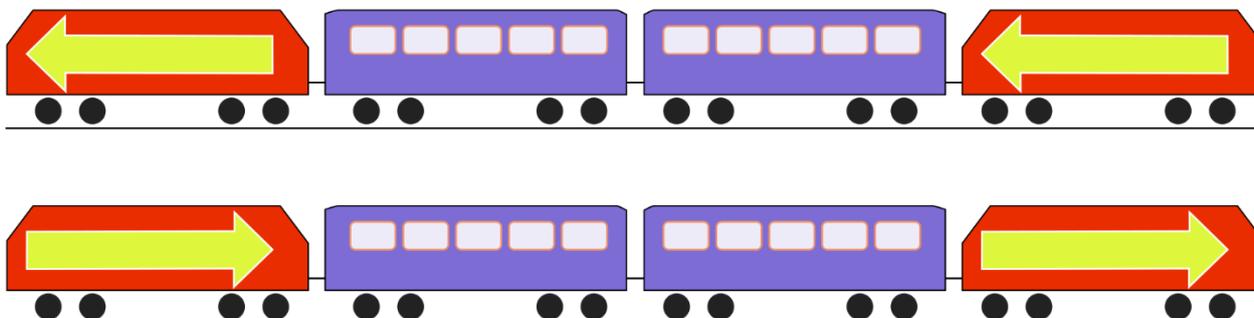


Рисунок 2. Локомотивы.

В поезде имеется локомотив и вагон управления с дублирующими органами управления. При движении вперед локомотивная бригада находится в локомотиве, а назад – в вагоне с кабиной управления, при этом локомотив толкает состав. Локомотив управляется дистанционно с головного вагона. Вагон управления может иметь пассажирские места, так и не иметь. Примером могут послужить британские, немецкие, а также американские пассажирские поезда.

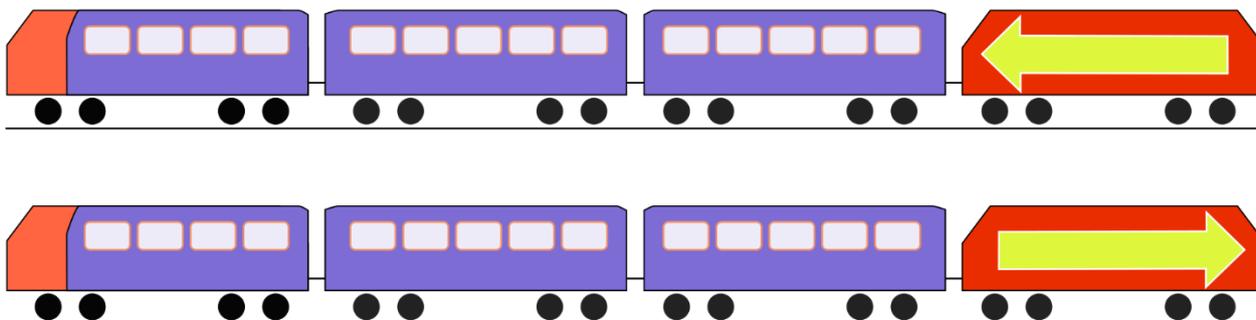


Рисунок 3. Локомотив с одного из концов поезда

Двухтактный поезд с двумя вагонами управления и локомотивом в середине состава.

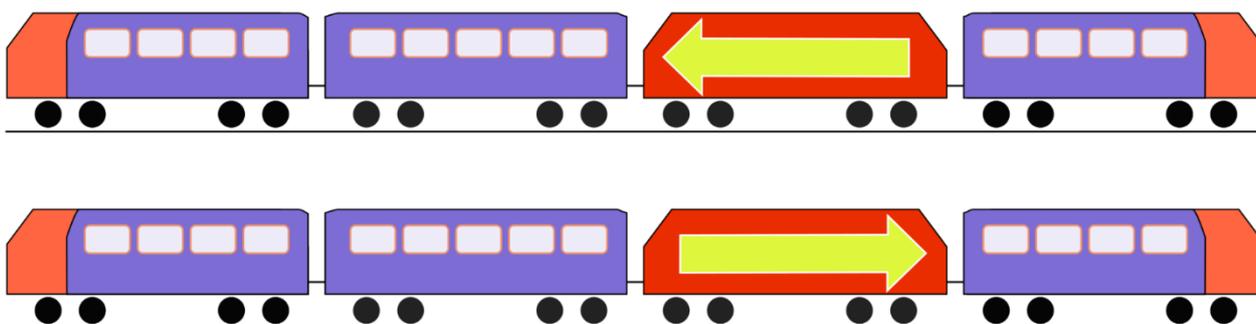


Рисунок 4. Локомотив в середине поезда

Вагоны и локомотив объединяются высоковольтными и низковольтными пинчами. Через них происходит электроснабжение вагонов, управление поездом информационный обмен.

На текущий момент в России поезда подобного типа не используются, локомотивы переставляют на конечных пунктах. Однако в Европе, включая Германию или Чехию, подобное формирование пассажирских составов широко распространено. Этот тип поездов присутствовал и в социалистическом лагере: многим моделистам известны подобные миниатюрные модели составов приписки ГДР или Чехословацких железных дорог. В СССР же практика использования составов концепции Push Pull не нашла применения.

Компания «Трансмашхолдинг» подготовила презентационные материалы, среди которых есть проработка двухэтажного состава концепции Push Pull. Согласно данным «Трансмашхолдинга» долгосрочный договор на поставку пассажирского подвижного состава для АО «ФПК» в 2019-2025 годы предусматривает разработку и производство принципиально нового подвижного состава, в том числе двухэтажных пассажирских поездов концепции Push Pull, планируемых к поставке с 2023 года.

Рассмотрим преимущества и недостатки концепции двухтактных поездов. К первым следует отнести уменьшенную стоимость таких поездов за счет использования, как правило, всего одного локомотива, а также быстрый «оборот» поезда (смена направления движения поезда без необходимости перецепки локомотива).

Одним из главных недостатков данной концепции является необходимость создания специального вагона с кабиной управления и элементами пассивной безопасности (элементами

краш-системы) для поглощения энергии удара при столкновениях с другими поездами или автотранспортом.

К тому же в реалиях организации пассажирского движения в Российской Федерации концепция не имеет преимуществ в виде быстрой смены направления движения: поезда дальнего следования после рейса отправляются на обслуживание (локомотивы на проверку технического состояния, а вагоны к тому же на уборку и подготовку к следующему рейсу), что требует значительных затрат по времени и сводит на нет экономию времени для смены направления движения.

В пригородном движении исторически получили свое распространение электропоезда, которые уже имели кабины управления в голове и хвосте поезда, а распределённая тяга электропоездов имеет большее преимущество, нежели сосредоточенная тяга поездов концепции Push Pull:

- электропоезду будет проще тронуться с места, и он менее подвержен буксованию;
- моторный и прицепной вагоны суммарно будут легче одного локомотива;
- ускорение разгона электропоезда значительно выше.

К тому же необходимо будет внести поправки в Правилах технической эксплуатации железных дорог РФ: на сегодняшний день осаживание пассажирских вагонов (т.е. движение вагонами вперёд, где локомотив выступает в роли «толкача») запрещено.

Стоит отметить, что отсутствие межвагонных переходов (между вагоном и локомотивом) на существующих локомотивах для их проверки и обслуживания в пути следования будет усложнять работу, а также затрудненный и длинный путь от вагона управления до локомотива (при наличии межвагонных переходов).

Также стоит добавить, что при экстренном торможении и столкновении с автотранспортом на переезде или поездом вагоном управления вперед локомотив будет иметь большую инерцию, и так называемая реакция поезда может вызвать сход с рельс промежуточных вагонов, что может привести к ещё более тяжёлым последствиям для пассажиров.

Представим преимущества и недостатки концепции в сводной таблице:

Таблица 1

Достоинства и недостатки Push Pull поездов.

<i>Достоинства</i>	<i>Недостатки</i>
<i>меньшая стоимость;</i>	<i>создание специального вагона с кабиной управления;</i>
<i>большая скорость смены направления движения поезда</i>	<i>невозможность применения преимущества на ж/д РФ;</i>
	<i>тяговые характеристики;</i>
	<i>изменения руководящих документов;</i>
	<i>неудобство в эксплуатации;</i>
	<i>небезопасность в экстренных ситуациях</i>

Анализ достоинств и недостатков концепции Push Pull trains позволяет сделать вывод о том, что реализация данной концепции даст отрицательный результат, поскольку повсеместное внедрение Push Pull поездов на российскую железную дорогу имеет большое количество весомых недостатков.

Потребность в этих поездах у российских компаний-перевозчиков отсутствует.

Однако данная концепция может рассматриваться как перспективное направление для развития в компаниях, занимающихся перевозками пассажиров в отдаленных и малонаселенных уголках страны.

1. Лувишис А.Л. Современные гибридные поезда и локомотивы // Железнодорожный транспорт. 2014. № 9. С. 74-77.
 2. Сaitov С.И., Исaева С.М. Анализ концепции переменной составности пригородных электропоездов // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 99-8. С. 182-185.
 3. Liu Q., Xu W., Tao X. Research on openness dust control by push-pull flow in the process of freight train unloading // В сборнике: 2012 International Symposium on Safety Science and Technology. Сер. "Procedia Engineering" 2012. С. 793-799.
 4. Saitov R.I., Isajeva S.M. Electric train carriage with a variable floor level concept // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 99-8. С. 200-203.
-

Соколов Н.С.

Буроинъекционные сваи эрт в качестве армирования оснований повышенной несущей способности

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

ООО НПФ «ФОРСТ»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-855

Аннотация

Возведение фундаментов с повышенными значениями несущей способности является актуальной задачей современного геотехнического строительства. Как правило, в качестве основания под такие фундаменты используются глубокие буровые сваи с большими диаметрами. Технологии их изготовления существует множество. Увеличения их несущей способности возможно только за счет изменения их длины и диаметра. Использование буроинъекционных свай изготавливаемых по электроразрядной технологии (сваи-ЭРТ) с множественными уширениями решает проблему создания фундаментов повышенной несущей способности.

Ключевые слова: буроинъекционные сваи; сваи-ЭРТ; множественные уширения; буронабивные сваи; несущая способность; инженерно-геологические условия.

Abstract

The construction of foundations with increased bearing capacity values is a crucial task for modern geotechnical construction. As a rule, deep bored piles with large diameters are used as a base for such foundations. There are many production technologies for them. The bearing capacity of such piles can only be increased by changing their length and diameter. The use of bored injection piles manufactured with the discharge-pulse technology (DPT piles) with multiple expansions is a solution for providing foundations of increased bearing capacity.

Keywords: bored injection piles, DPT piles, multiple extensions, auger placed pressure-injected concrete piles, bearing capacity, engineering and geological conditions.

Буровые сваи в современном геотехническом строительстве являются основными заглубленными конструкциями. Они востребованы как в свайных полях, так и при усилении оснований фундаментов, а так же используются в качестве шпунтовых стенок ограждений котлованов. Весьма актуальной остается проблема повышения несущей способности этих свай. Для этого возможны два подхода. По первому способу повышенные значения F_d возможно добиться только благодаря увеличению диаметра и длины буровых свай. Следует особо обратить внимание на тот факт, что чрезмерное увеличение диаметров бурения приведет к растрескиванию и разуплотнению грунта стенок скважин, что привлечет к изменению сложившегося в течение длительного геологического периода напряженно-деформированного состояния (НДС) основания.

При этом возврат разуплотненного состояния в первоначальный только за счет собственного веса укладываемого в скважину бетона не представляется возможным.

Второй способ увеличения буровых свай F_d - это устройство уширений под пятой и вдоль ствола свай. По этому методу имеются большие резервы в плане существенного увеличения их несущей способности.

При создании уширений ствола и пяты сваи происходит многократное увеличение ее несущей способности по грунту. Практика проектирования, изготовления и эксплуатации таких свай показала их высокую эффективность. В том числе очень серьезные лабораторные и

полевые исследования в этом отношении проводились специалистами лаборатории оснований и фундаментов Уральского института «Промстройинвестпроект» под руководством А.Н. Тетиора [6]. По результатам полевых испытаний статическими нагрузками, несущая способность свай с одним и с двумя уширениями была больше несущей способности такой же сваи без уширений в 1,5-2,0 и 3,0-4,0 раза соответственно.

При этом имеются недостатки механических уширений. Это, во-первых как у буронабивных свай разуплотнение грунта, как стенок, так и в районе устройства уширений. Во-вторых, в песчаных грунтах практически невозможно устройство уширений вследствие осыпания их на несущий слой подошвы. В-третьих невозможность точного определения отметок устройства уширений вследствие сложности инженерно-геологических условий (ИГУ) строительной площадки. Наиболее приемлемой геотехнической технологией увеличения F_d по второму способу является устройство уширений по электроразрядной технологии.

Автор настоящей статьи (ООО НПФ «ФОРСТ») в течение длительного времени занимается проектированием и устройством свай ЭРТ. Им было показано, что сваи ЭРТ с множественными уширениями (СМУ) обладают повышенной несущей способностью по сравнению со сваями без уширений.

Опрессовка стенок скважины по технологии ЭРТ производится с помощью камуфлетных уширений [5÷10, 13]. Это буринъекционные сваи, устраиваемые с использованием разрядно-импульсной технологии (сваи-ЭРТ). У этих свай повышенные значения γ_{CR} и γ_{CF} , а именно $\gamma_{CR}=1,3$, а $\gamma_{CF}=1,1\div1,3$ благодаря восстановлению структуры грунта стенок скважин, а в большинстве случаев - уплотнению его сверх природных величин.

Тем самым увеличение несущей способности под нижним концом свай-ЭРТ составляет в 1,3 раза, а по боковой поверхности – в $1,1/0,5 \div 1,3/0,5 = 2,2\div2,6$ раза.

При определении несущей способности F_d по формуле (7.11) [11] значения расчетных сопротивлений R и f определяются по таблицам 7.3 и 7.8. [11]. В табл. 7.3 [11] приведены значения f для различных значений IL и f , а в табл. 7.8 [11] – то же для R . Для наглядности величины $R/f=f(h)$ для различных значений IL приведены ниже в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Зависимости $R/f=f(h)$ для различных значений IL .

1	IL=0,2			IL=0,3			IL=0,4			IL=0,5			IL=0,6		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$h, м$	$R, КПа$	$f, КПа$	R/f												
3	650	48	13,5	500	35	14,2	400	25	16,0	300	20	15,0	250	14	17,9
5	750	56	13,7	650	40	16,3	500	29	17,2	400	24	16,7	350	17	20,6
7	850	60	14,2	750	43	17,4	600	32	18,8	500	25	20,0	450	19	23,7
10	1050	65	16,2	950	46	20,7	800	34	23,5	700	27	25,9	600	19	31,6
12	1250	68	18,4	1100	48	22,9	950	36	26,4	800	28	28,6	700	19	36,5
15	1500	72	20,8	1300	51	25,5	1100	38	28,9	1000	28	35,7	800	20	40
18	1700	76	22,4	1500	53	28,3	1300	40	32,5	1150	29	39,7	950	20	47,5
20	1900	79	24,1	1650	56	29,5	1450	41	25,4	1250	30	41,7	1050	20	52,5
30	2600	81	32,0	2300	61	37,7	2000	44	44,0	-	-	-	-	-	-
≥ 40	3500	93	37,6	3000	66	45,4	2500	47	53,2	-	-	-	-	-	-

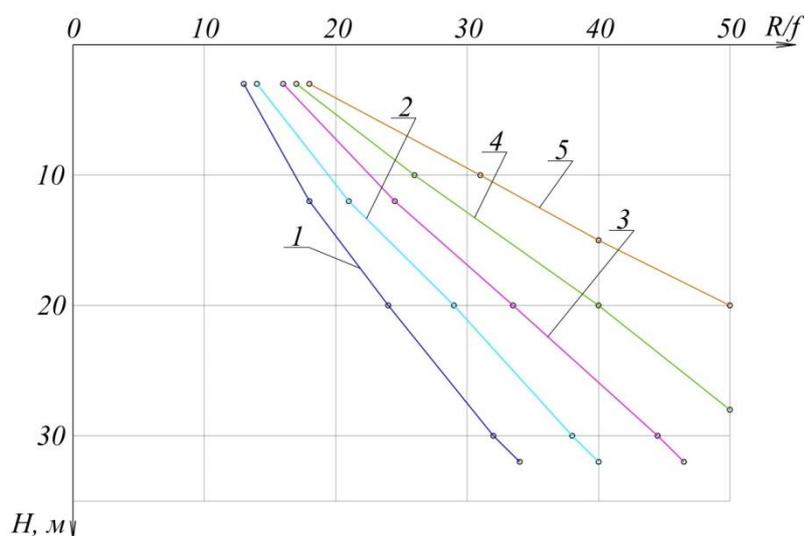


Рисунок 1 Графики зависимости $R/f = f(h)$ при различных значениях показателя текучести IL
 1 – для $IL=0,2$; 2 – для $IL=0,3$; 3 – для $IL=0,4$; 4 – для $IL=0,5$; 5 – для $IL=0,6$.

У буроинъекционных свай изготавливаемых по электро-разрядной технологии в отличие от буронабивных имеется главное преимущество. Это возможность уплотнения разуплотненных стенок буровых скважин посредством электрогидравлической обработки в среде мелкозернистого бетона сверх природного. В результате этого процесса в поперечном сечении свай-ЭРТ дополнительно к железобетонному сечению свай (поз. 1) создаются: 1) зона цементации (поз. 2); 2) зона уплотнения (поз. 3) (см. рис. 2). При этом зона цементации имеет тенденцию к увеличению со временем.

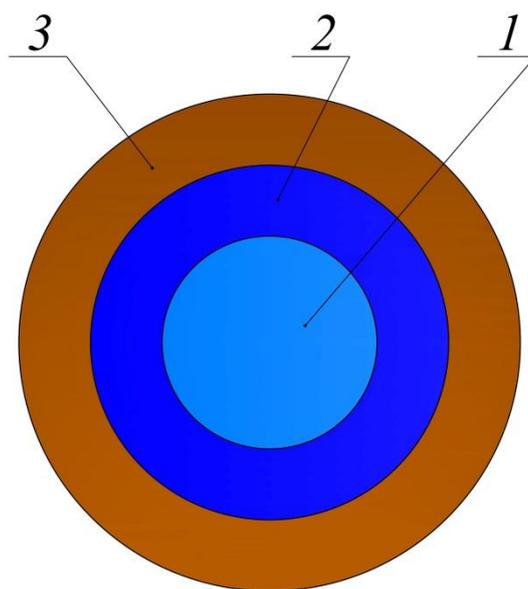


Рисунок 2 Поперечное сечение буроинъекционной сваи-ЭРТ.

- 1 – железобетонное сечение сваи-ЭРТ;
 2 – зона цементации;
 3 – зона уплотнения.

Определение несущей способности F_d производится по формуле (7.11) [11]

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \sum (\gamma_{cf} f_i h_i)), \quad (1)$$

где γ_c - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1; R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа (тс/м²), принимаемое по табл. 7.2 [11]; A - площадь опирания сваи на грунт, м; u - наружный периметр поперечного сечения сваи, м; f_i - расчетное сопротивление i -го слоя грунта основания по боковой поверхности сваи, кПа (тс/м²), принимаемое по табл. 7.3 [11]; h_i - толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м; γ_{cf} - коэффициент условий работы грунта соответственно под нижним концом и по боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на значения расчетного сопротивления грунта и принимаемые по табл. 7.6 [11]; γ_{cR} - коэффициент условий работы под нижним концом сваи согласно п. 7.26 [11].

По формуле (1) произведены расчеты несущей способности F_d по грунту различных типов буровых свай прорезающих тугопластичный суглинок с $\Pi = 0.4$, супесь пластичную с $\Pi = 0.6$, суглинок тугопластичный с $\Pi = 0.5$, и глину полутвердую с $\Pi = 0.1$. Пята свай заделана в полутвердую глину. В качестве типов буровых свай использованы: 1) буроинъекционные сваи-ЭРТ без уширений и с уширениями под пятой и вдоль ствола; 2) буронабивные сваи $\varnothing 600, 800, 1000$ мм, изготавливаемые в обсадных трубах, под защитой тиксотронной глины, а также укладываемые с помощью глубокой вибрации. Схемы к расчету F_d приведены на рис.3, а результаты расчетов сведены в табл. 1

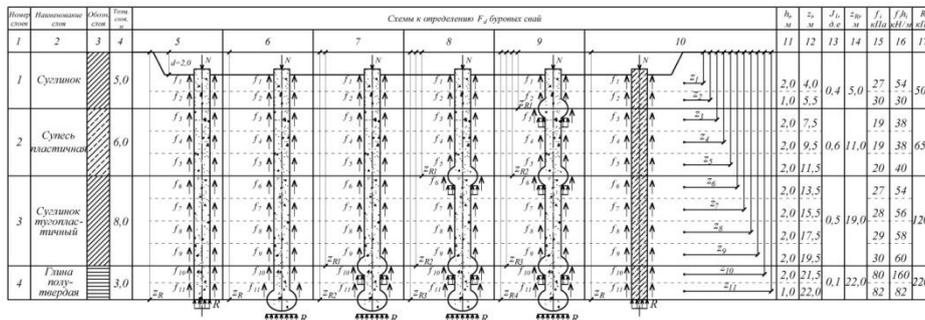


Рисунок 3 Схемы к определению несущей способности F_d буровых свай

Примечания по столбцам: 5÷9 буроинъекционные сваи-ЭРТ соответственно без уширений и уширениями по пяте и вдоль ствола; 10 – буронабивная свая.

Таблица 1

№ п.п.	Тип сваи	Позиция	Несущая способность, кН	Расчетная нагрузка	Примечания	Объем сваи, м ³	Удельная несущая способность, кН/м ³	Удельная расчетная нагрузка, кН/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Буронабивная свая $\varnothing 600$ $A=0,2826$ м ²	1	1500,0	1070,0	Буронабивная свая в обсадных трубах	5,4	277,0	198,0
		2	1380,0	985,0		5,4	256,0	182,0
		3	1630,0	1165,0		5,4	302,0	216,0
2	Буронабивная свая $\varnothing 800$ $A=0,50$ м ²	1	2280,0	1630,0		9,5	220,0	160,0
		2	2110,0	1510,0		9,5	210,0	150,0
		3	2450,0	1750,0		9,5	240,0	171,0
3	Буронабивная свая $\varnothing 1000$ $A=0,785$ м ²	1	3200,0	2290,0		15,0	215,0	153,0
		2	2990,0	2140,0		15,0	200,0	143,0
		3	3150,0	2510,0		15,0	210,0	167,0
5	Буронабивная свая $\varnothing 2000$ $A=6,28$ м ²	1	9860,0	7040,0	119	83,0	59,1	
		2	9430,0	6740,0	119	79,2	56,6	
		3	10280,0	7340,0	119	86,3	61,7	
6	Буроинъекционные сваи-ЭРТ $\varnothing 350$	4	830,0	593,0	буроинъекционная свая-ЭРТ без уширений	1,9	437,0	312,0

$A=0,10 \text{ м}^2$	5	890,0	635,7	буринъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой	1,9	468,4	334,6
	6	940,0	671,4	буринъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой и вдоль ствола	1,9	494,7	353,4
	7	980,0	700,0	буринъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой и двумя уширениями вдоль ствола сваи	1,9	515,8	368,4

Для сравнительной оценки величин несущей способности свай и расчетных нагрузок на них в табл. 1 имеются величины их удельных значений, это удельная несущая способность \bar{F}_d соответствующая $\bar{F}_d = \frac{F_d}{V_c}$ и удельная расчетная нагрузка \bar{N} соответствующая $\bar{N} = \frac{N}{V_c}$, где V_c – объем рассматриваемой сваи.

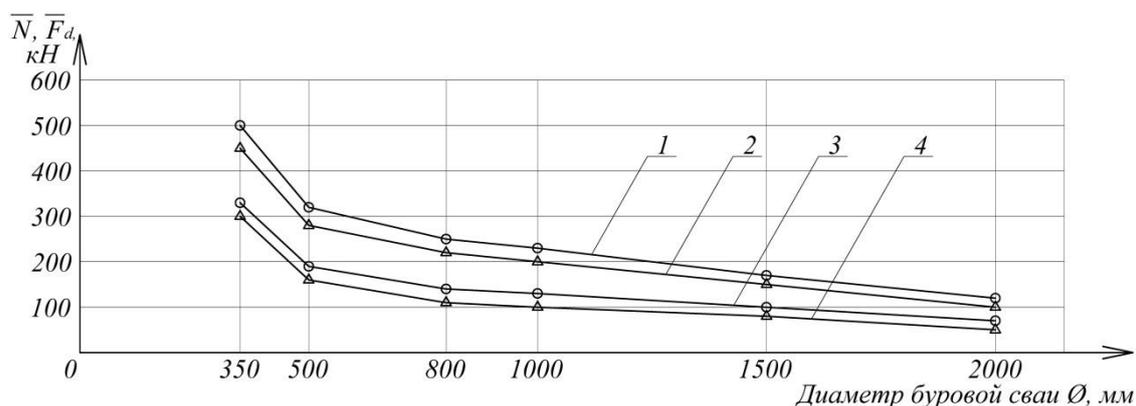


Рисунок 4 Графики зависимости $f(\varnothing, \bar{N})$ и $f(\varnothing, \bar{F}_d)$.

Здесь \bar{F}_d – удельная несущая способность [кН], \bar{N} – удельная расчетная нагрузка [кН]; 1 и 2 – графики $f(\varnothing, \bar{F}_d)$; 3 и 4 – графики $f(\varnothing, \bar{N})$, \varnothing – диаметр сваи.

Наиболее характерны графики зависимости \bar{N} и \bar{F}_d от диаметра и типа свай приведенные на рис. 4. Ярко прослеживается преобладание \bar{N} и \bar{F}_d для свай-ЭРТ достигающие до 5 раз этих величин для буронабивных свай. При этом с увеличением диаметра сваи графики приобретают линейный ниспадающий характер.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17-20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: АСВ, 2009. 550 с. 5 Ухов С.Б. Механика грунтов, основания и фундамента. М.: Высшая школа. 2007. 561 с.
4. В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). Издание второе, дополнительное. Санкт-Петербург. – 2012. 284 с.
5. Соколов Н.С., Соколов С.Н. Применение буринъекционных свай при закреплении склонов // Материалы Пятой Всероссийской конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2005) - 2005. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 292-293.

6. Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буроинъекционных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2014) - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета. С. 407-411.
7. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроинъекционных свай-ЭРТ. // «ОФимГ». – 2015. – №1. С. 10-13.
8. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями с использованием электроразрядной технологии // Геотехника. 2016. № 2. Стр. 28-34
9. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буроинъекционных свай с множественными уширениями // Геотехника. №3. 2016. Стр. 60÷66.
10. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Технология устройства буроинъекционных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. № 9. 2016. Стр. 11-14.
11. СП 24.13330.2011 Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты. М. 2011 г. 85 с.
12. ТР 50-180-06. Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (сваи-РИТ). М.: Департамент градостроительной политики, развития и реконструкции города Москвы, 2006. – 68 с.
13. Горбушин А.В., Рябинов В.М. Возможность использования электроразрядной технологии при строительстве в неслабых грунтах // ОФимГ. 2016. с. 10-13.

Соколов Н.С.
Методология расчета ЭРТ

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

doi: 10.18411/trnio-12-2023-856

Аннотация

Наряду с другими передовыми геотехническими технологиями освоения подземного пространства разрядно-импульсная технология является одним из основополагающих в области устройства буроинъекционных свай (технология ЭРТ) – микросвай, а также строительного преобразования свойств грунтов оснований, имеющих слабые показатели их физико-механических характеристик. В то же время, имея существенные отличия перед другими способами освоения подземной части зданий и сооружений геотехническая технология ЭРТ имеет ряд преимуществ, таких как, 1) повышенная удельная несущая способность по грунту, 2) технологичность устройства буроинъекционных свай в любых инженерно-геологических условиях, 3) возможность производства геотехнических работ в стесненных условиях. Она, являясь базовой структурой для разработки новых технологий, имеет большой научный потенциал исследований для целей внедрения ее в современное подземное строительство.

Ключевые слова: геотехническая технология, разрядно-импульсная технология ЭРТ, микросваи, буронабивная свая, обсадная труба.

Abstract

Along with other advanced geotechnical technologies of underground space development, the discharge-pulse technology is one of the fundamental ones in the field of bored injection piles (DPT technology) – micropiles, as well as in construction transformation of the foundation soil properties with poor physical and mechanical characteristics. At the same time, essentially differing from other ways of buildings and constructions underground part development, the geotechnical method of DPT has a number of advantages, such as 1) increased specific dynamic capacity, 2) constructability of bored injection piles in any engineering and geological conditions, 3) availability of geotechnical works in confined conditions. Being a basic structure for the development of new technologies, it has a large potential for scientific research with the purposes of its implementation in modern underground engineering.

Keywords: geotechnical method, discharge-pulse technology DPT, micropiles, auger placed pressure-injected concrete pile, casing pipe.

Наряду с другими передовыми геотехническими технологиями освоения подземного пространства разрядно-импульсная технология является одним из основополагающих в области устройства буроинъекционных свай (технология ЭРТ) – микросвай, а также строительного преобразования свойств грунтов оснований, имеющих слабые показатели их физико-механических характеристик. В то же время имея существенные отличия перед другими способами освоения подземной части зданий и сооружений геотехническая технология ЭРТ имеет ряд преимуществ, таких как, 1) повышенная удельная несущая способность по грунту, 2) технологичность устройства буроинъекционных свай в любых инженерно-геологических условиях, 3) возможность производства геотехнических работ в любых стесненных условиях. Она, являясь базовой структурой для разработки новых технологий, имеет большой научный потенциал исследований для целей внедрения ее в современное подземное строительство.

Современное развитие городов и крупных населенных пунктов непрерывно связано с масштабным освоением подземного пространства с использованием новых геотехнических технологий. Существующие геотехнические технологии строительства объектов ниже нулевой отметки открытым способом (без закрепления стенок котлованов) являются весьма рискованными. Они, во-первых, предполагают удаление большого объема грунта и при этом являются очень дорогостоящими и нетехнологичными. Кроме того, во-вторых, в зоне геотехнического влияния нового строительства или реконструкции, как правило, имеются здания и технологические коммуникации старой застройки, которые могут получить дополнительные деформации, влекущие возможные аварийные ситуации с ними. А также при застройке территорий с наличием объектов культурного наследия следует иметь ввиду, что согласно действующей нормативной документации они не должны получать никаких дополнительных деформаций.

С учетом вышесказанного проблема обеспечения их дальнейшей надежной эксплуатация как объектов нового строительства, так и здания существующей застройки остается очень актуальной задачей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Для решения этой проблемы зачастую приходится воспользоваться геотехническими технологиями, не оказывающим негативного влияния на существующие строения и исключая возникновение в них нежелательных деформаций.

Одним из таких передовых геотехнических технологий освоения подземного пространства является разрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай (технология ЭРТ) – микросвай, а также строительное преобразование свойств грунтов оснований, имеющих слабые показатели физико-механических характеристик. Имея существенные преимущества перед другими способами строительства подземной части зданий и сооружений геотехническая технология ЭРТ имеет научную новизну. Она, являясь базовой структурой для разработки изотопных технологий, имеет большой потенциал научных исследований для целей внедрения ее в современное подземное строительство. Симбиоз электроразрядной технологии с другими технологиями (например, грунтоцементная технология) дает надежду для создания перспективных геотехнических способов укрепления оснований.

Следует отметить, что целесообразность применения микросвай определяется конкретными условиями строительной площадки и особенностью объекта на основе результатов технико-экономического сравнения возможных вариантов проектных решений. То есть должен быть соблюден принцип интерактивного проектирования "технической целесообразности и экономической эффективности" принятого проектного решения.

Рассматриваемая геотехническая электроразрядная технология имеет подтвержденную опытом строительства практическую значимость. Широкое использование буроинъекционных свай ЭРТ в капитальном строительстве, реконструкции и капитальном ремонте наводит на мысль о том, что рассматриваемая технология с использованием этих заглубленных железобетонных конструкций может иметь большие перспективы. Это связано с тем, что для современного промышленного и гражданского строительства зачастую приходится

использовать территории с пересеченным рельефом с наличием оврагов, прибрежными зонами рек, склонами и т.д. В то же время без освоения подземного пространства не взирая на сложность строительных площадок и инженерно-геологических условий для современного общества на наш взгляд нет технического прогресса.

В большинстве случаев в своей производственной деятельности строители пренебрегают влиянием технологии возведения нового объекта на возможные негативные последствия (появившиеся трещины на фасадах вследствие неравномерных осадок, кренов и т.д.) эксплуатируемых зданий. До сих пор муссируется понятие "минимальной цены" при возведении части здания ниже нулевой отметки. При таком подходе полностью пренебрегаются основы здравого смысла. В то же время строители идут на любые ухищрения для уменьшения стоимости строительно-монтажных работ устройства подземной части объекта. Для достижения этой цели уже на стадии проектирования закладывается минимальный коэффициент запаса несущей способности основания. Такой "иррациональный" способ строительства в конечном итоге в большинстве случаев приводит к существенному удорожанию строительства здания и, как правило, к увеличению сроков возведения. Это связано в основном с согласованием нового проекта в результате замены на другую геотехническую технологию, а также в связи с прохождением новой строительно-технической экспертизы.

Следует отметить еще на следующий аспект связанный с возможным увеличением несущей способности оснований, усиленных буровыми сваями. Устоялась мнение, заключающееся в том, что чем больше диаметр буровой сваи, тем больше ее несущая способность по грунту. Да это так. Но на наш взгляд критерием оценки должны служить не диаметр и длина сваи, а «удельная несущая способность по грунту», т.е. несущая способность одного кубического метра буровой сваи, а также "удельная расчетная нагрузка".

Ниже в таблице 1 и на рис. 1 приведены результаты расчетов несущей способности для свай ЭРТ и буронабивных свай диаметрами 600,0; 800,0; 1000,0; 2000,0 мм. Анализируя результаты исследований можно сделать вывод о том, что с увеличением диаметра буровых свай удельная несущая способность снижается, приближаясь к некторой асимптоте.

Таблица 1

Результаты расчетов несущей способности для свай ЭРТ и буронабивных свай.

№ п. п.	Тип сваи	Позиция	Несущая способность, кН	Расчетная нагрузка	Примечания	Объем сваи, м ³	Удельная несущая способность, кН/м ³	Удельная расчетная нагрузка, кН/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Буронабивная свая Ø600 A=0,28 м ²	1	2330,0	1665,0	Буронабивная свая в обсадных трубах	5,6	416,0	297,3
		2	2300,0	1640,0		5,6	410,7	293,0
		3	2465,0	1760,0		5,6	440,2	314,3
2	Буронабивная свая Ø800 A=0,50 м ²	1	3760,0	2685,0		10,0	376,0	268,5
		2	3725,0	2660,0		10,0	372,5	266,0
		3	3935,0	2810,0		10,0	393,5	281,0
3	Буронабивная свая Ø1000 A=0,79 м ²	1	5540,0	3960,0		15,7	352,9	252,2
		2	5500,0	3930,0		15,7	350,3	250,3
		3	5770,0	4120,0		15,7	367,5	263,4
5	Буронабивная свая Ø2000 A=6,28 м ²	1	19400,0	13860,0		125,6	154,4	110,3
		2	19850,0	14180,0		125,6	158,0	112,9
		3	19860,0	14200,0		125,6	158,2	113,0
6	Буринъекционные сваи ЭРТ Ø350 A=0,10 м ²	4	1515,0	1080,0	Буринъекционная свая ЭРТ без уширений	2,0	757,5	540,0
		5	1680,0	1200,0	Буринъекционная свая ЭРТ с уширениями под пятой	2,0	840,0	600,0

		6	1880,0	1340,0	Буроинъекционная свая ЭРТ с уширениями под пятой и вдоль ствола	2,0	940,0	670,0
		7	1930,0	1380,0	Буроинъекционная свая ЭРТ с уширениями под пятой и двумя уширениями вдоль ствола сваи	2,0	965,0	690,0

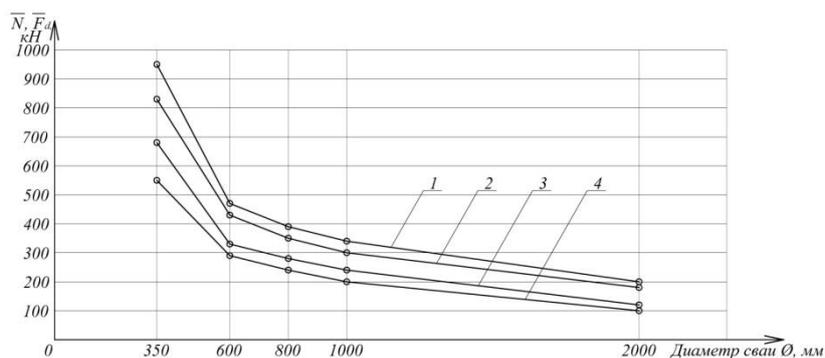


Рисунок 1 Графики зависимости $f(\overline{D}, \overline{N})$ и $f(\overline{D}, \overline{F_d})$,

где $\overline{F_d}$ - удельная несущая способность [кН], \overline{N} - удельная расчетная нагрузка [кН]; 1 и 2 - графики $f(\overline{D}, \overline{F_d})$; 3 и 4 - графики $f(\overline{D}, \overline{N})$. Примечания: 350-диаметр сваи-ЭРТ; 600, 800, 1000, 2000 - диаметры буронабивных свай [мм].

С учетом вышесказанного результаты длительных исследований и использование электроразрядной геотехнической технологии устройства заглубленных железобетонных конструкций с использованием электроразряда и апробации в реальном геотехническом строительстве в течение длительного периода времени позволили рекомендовать ее для решения следующих геотехнических задач:

1. При усилении перегруженных оснований фундаментов;
2. При усилении оснований фундаментов существующих зданий и сооружений в связи с планируемым повышением или изменением характера эксплуатационных нагрузок при изменении конструктивной схемы;
3. При строительстве новых объектов рядом с существующими, строительства зданий и сооружений в стесненных условиях внутри действующих предприятий;
4. Для исправления сверхнормативных кренов зданий или отдельных фундаментов;
5. Для противооползневой защиты склонов, берегов рек и морей;
6. Для усиления оснований железнодорожных насыпей с нестабильным балластным шлейфом;
7. Для решения сложных геотехнических задач при реконструкции зданий и фундаментов, а также в случае капитального ремонта;
8. При строительстве новых объектов в сложных инженерно-геологических условиях, а также при наличии перемеживающихся слабых грунтов оснований;
9. При устройстве подземных этажей в бесподвальных зданиях, углубления полов подвалов, влекущих за собой усиления тела существующих

- фундаментов, устройства протвофильтрационной завесы, а также цементации контактного слоя подошвы фундаментов с несущим слоем;
10. При устройстве буроинъекционных свай ЭРТ усиления оснований фундаментов;
 11. При устройстве протвофильтрационных завес;
 12. Для устройства железобетонных шпонок по границе призмы обрушения при усилении оползневых склонов с целью стабилизации их деформаций.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб: Георекострукция, 2010. 551 с.
3. Ilchev, 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.
4. Ilchev, V. A. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches / V. A. Ilyichev, N. S. Nikiforova, E. B. Koreneva // Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24-27th September 2007 «Geo-technical Engineering in urban Environments»... Volume 2. - P. 581-585.
5. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros. of the 7th Int. Symp. "Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16-18 May, 2011, tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. Nikiforova, N. S. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23-25 September 2004. – P. 338-342.
7. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
8. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September 2007. Vol. - P. 683-688.
9. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.Е. Расчет буроинъекционных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20–26.
10. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай ЭРТ с множественными уширениями // Жилищное строительство. 2017. № 9. С. 25–29.
11. 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.
12. 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 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.
13. Sokolov N. Ezhov S. Ezhova S. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem Journal of Applied Engineering Science. 2017. T. 15. №4. p. 518-523.

Соколов Н.С.

Обеспечение надежности существующих подпорных стен

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

ООО НПФ «ФОРСТ»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-857

Аннотация

Проблема повышения несущей способности оснований всегда является актуальной проблемой в современном геотехническом строительстве. При дополнительных увеличенных внешних нагрузках на существующие удерживающие конструкции использование

традиционных технологий обеспечения их устойчивости не всегда оправдано. Часто возникает настоятельная необходимость применения нестандартных способов усиления оснований. Часты случаи использования существующих удерживающих железобетонных конструкций под новые дополнительные нагрузки от вновь возводимых объектов. В таких случаях использование буроинъекционных свай ЭРТ позволяет решать сложные геотехнические проблемы, связанные с возможным усилением перегруженных оснований.

Ключевые слова: геотехническое строительство, электроразрядная технология ЭРТ, буроинъекционная свая ЭРТ, грунтовые анкера ЭРТ.

Abstract

The issue of foundations with increased bearing capacity is a current challenge for modern geotechnical construction. Considering additional increased external loads on existing supporting structures, the use of conventional foundation technologies may not be feasible. There is often a critical need for non-standard methods of foundations reinforcement. The use of existing reinforced concrete foundation structures for new additional loads from newly constructed facilities is common. In this case, the use of discharge-pulse technology (DPT) bored injection piles makes it possible to solve complex geotechnical issues related to a potential reinforcement of overloaded foundations.

Keywords: geotechnical construction, discharge-pulse technology (DPT), DPT bored injection pile, DPT ground anchorage.

Строительство промышленных и гражданских объектов в стесненных условиях требует [1-9] специфического подхода, связанного с обеспечением сохранности и надежной эксплуатации зданий окружающей застройки. Для решения геотехнических задач, связанных с этой проблемой электроразрядная технология устройства свай ЭРТ является одной из наиболее востребованных [8, 9].

Рассмотрен один из случаев геотехнического строительства для многоэт-ажного общественного здания в городе Нижний Новгород. Проектом под десятиэтажное здание гостиницы было предусмотрено устройство буроинъекционных свай ЭРТ.

Строительство объекта велось в сложных инженерно-геологических условиях в старом русле реки Волга. Инженерно-геологический разрез на этом участке представлен следующими инженерно-геологическими элементами (ИГЭ) (сверху вниз):

Таблица 1

1	ИГЭ-1	Насыпной грунт (неслежавшийся суглинок с супесью и строительным мусором)
2	ИГЭ-2	Непросадочный туго- и мягкопластичный лессовый суглинок
3	ИГЭ-3	Непросадочный текучепластичный лессовый суглинок
4	ИГЭ-4	Туго- и мягкопластичный суглинок
5	ИГЭ-5	Твердая и полутвердая пестроцветная глина
6	ИГЭ-6	Глинистый полимиктовый песок

Для площадки строительства характерен высокий уровень подземных (ненапорных) вод. Строительство объекта было начато за 5 лет до начала основного строительства с возведения ограждения котлована (глубиной 9,0 м) из двух рядов буронабивных (буроинъекционных) свай диаметром 450,0 мм с шагом 1,0 м (см. поз.1 рис.1 и 3). Подпорная стена котлована была устроена вдоль примыкающих улиц. Непосредственно к котловану примыкает 10-этажный крупнопанельный жилой дом, возведенный на забивных сваях.

Недостатком построенного ограждения оказалось отсутствие монолитного обвязочного железобетонного пояса по верху буроинъекционных свай. Этот огрех выявился лишь при отрывке котлована. Ряд свай ограждения со стороны примыкающего здания наклонился в сторону котлована (максимальное горизонтальное перемещение достигло 85,0 мм). В результате создавшейся ситуации на наружных стенах жилого дома возникли деформационные трещины. При этом установленные гипсовые маяки разорвались и

продолжали рваться, доказывая этим о продолжающейся деформации как самой стены, так и жилого дома. При этом также деформируются все стены с других сторон котлована.

Срочно созданная в связи с возникшей предаварийной ситуацией чрезвычайная комиссия поручила головной проектной организации срочно разработать противоаварийные мероприятия для стабилизации деформаций, как возведенной подпорной стены, так и примыкающего существующего здания. В качестве таких мер была разработана схема усиления подпорной стены в виде распорных конструкций из стальных труб диаметром 1000,0 мм (см. поз. 5 рис. 1 и 3), расположенных на двух уровнях во взаимно перпендикулярных направлениях. Эти мероприятия позволили стабилизировать возникшую критическую ситуацию. Гипсовые маяки на жилом доме перестали рваться, горизонтальные перемещения подпорной стены были приостановлены. При этом геотехнический мониторинг продолжался. При проектной глубине котлована 9,0 м распорные крепления были размещены на глубине 4,5–6,5 м.

В таком замороженном состоянии объект находился более пяти лет.

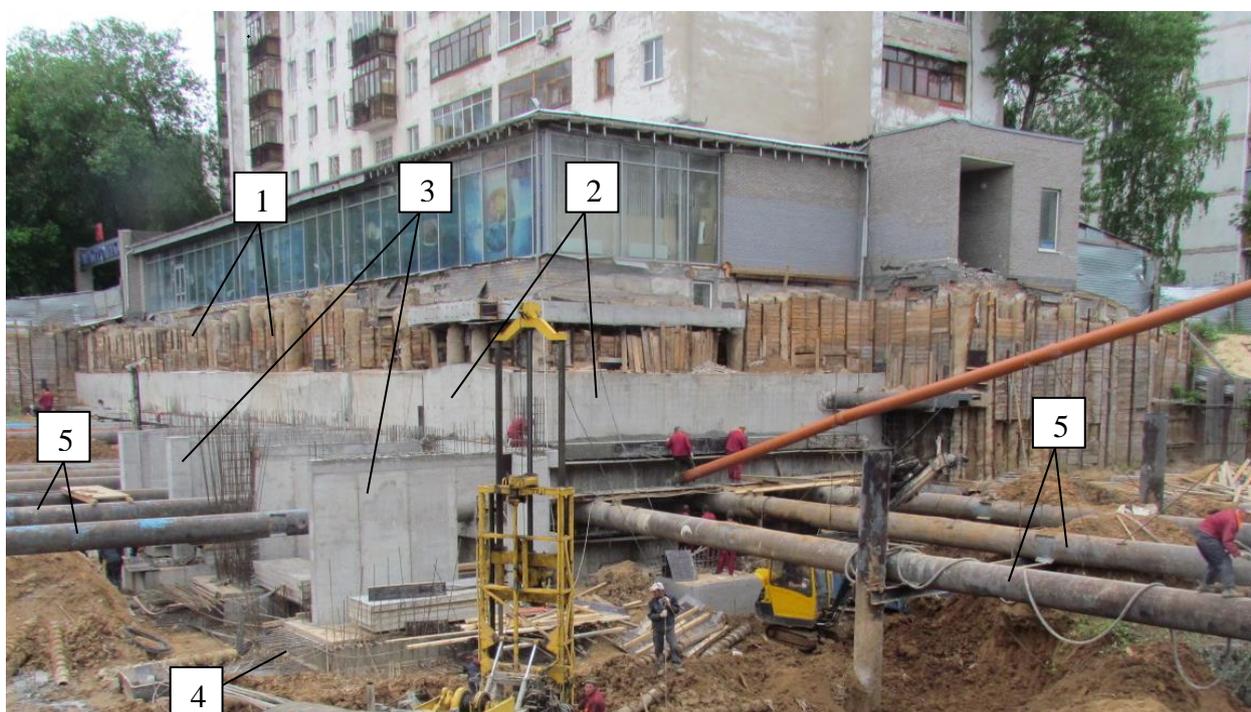


Рисунок 1. Схема закрепления подпорных стен котлована расстрелами из стальных труб 1000 мм: 1 - существующие буронабивные сваи ограждения котлована; 2 - ограждение котлована из монолитного железобетона; 3 - монолитные железобетонные контрфорсы усиления существующей подпорной стены; 4 - монолитный железобетонный ростверк; 5 - существующие трубы - расстрелы усиления подпорных стен

В связи с появлением инвестора решено было на этой строительной площадке возводить совершенно другое отличное от ранее планируемого к строительству здание - десятиэтажный объект общественного назначения. При этом проектировщикам необходимо было вписываться в габариты площадки во внутреннем контуре выполненного ограждения из буровых свай (поз.1 рис.1 и 3), а также учитывать существующие схемы усиления подпорных стен с помощью распорных конструкций из стальных труб (см. поз.3 на рис.1 и 3).

Особая техническая сложность возведения заглубленных железобетонных конструкций фундаментов перед строителями возникла в связи с наличием часто расположенных горизонтально смонтированных труб. Задача в идеальном варианте представляется а) демонтаж стальных труб и б) замена на более прогрессивную геотехническую технологию усиления. При этом наиболее слабым звеном все же остается подпорная стена ограждения на месте примыкания к существующему десятиэтажному жилому дому. Совместным решением было

принято устроить контрфорсы (см. поз.3 на рис.1 и 3), подпирающие ограждение котлована около жилого дома через монолитную железобетонную конструкцию (см. поз. 2 на рис.1 и 3), устраиваемые между существующими распорными конструкциями. Основанием под монолитные железобетонные ростверки (см. поз.4 рис.1 и 4) контрфорсов предлагалось использование буроинъекционных свай ЭРТ (поз. 2 рис.2) в виде отдельных кустов под монолитный железобетонный ростверк, изготавливаемых по электроразрядной технологии (технология ЭРТ). Необходимость применения свай ЭРТ диаметром 0,35 м и длиной от 12,0 до 19,0 м в зависимости от инженерно-геологических условий в той или иной части строительной площадки обусловлена для целей обеспечения устойчивости контрфорса против сдвига от воздействия горизонтальных усилий. Решено было устройство контрфорсов захватками: 1. Готовый контрфорс с набором проектной прочности всех его элементов; 2. Разборка одной стальной трубы. В такой последовательности производится замена распорок на контрфорсы. В связи с тем, промежуток между трубами составлял три метра, решено было использование буровой установки "Беркут" для устройства свай ЭРТ (см. поз.1 рис.2). Для заезда его в межтрубное пространство строители засыпали песком. Работы по устройству свай ЭРТ приходилось вести в очень сложных условиях между трубами, а удаление грунта из котлована производилось только вручную. Необходимо подчеркнуть, что монолитные железобетонные контрфорсы являлись несущими строительными конструкциями для надземных несущих стен.

Таким образом, для обеспечения безопасной эксплуатации подпорной стены при строительстве нулевого цикла, а также для создания условий для демонтажа стальных труб распорных конструкций был разработан алгоритм устройства контрфорсов, позиции которого приведены ниже:

Таблица 2

1	<i>Засыпка мелкозернистым песком межтрубного пространства</i>
2	<i>Подготовка площадки для устройства свай ЭРТ (поз.2 рис.2) (открытие грунта, устройство песчаной и бетонной подготовок)</i>
3	<i>Заезд буровой установки и устройство куста буроинъекционных свай ЭРТ (поз.2 рис.2) под железобетонный ростверк (поз.4 рис. 1, 3) монолитного контрфорса (поз.3 рис. 1, 3)</i>
4	<i>Устройство вертикальной монолитной железобетонной стены с наружной стороны буровых свай (см. поз. 2 рис. 1 и 3)</i>
5	<i>Устройство монолитного железобетонного ростверка и контрфорса с опиранием об монолитную железобетонную стену (см. поз. 2 рис. 1 и 3)</i>
6	<i>После набора проектных значений прочности бетона составляющих элементов контрфорса производится разборка одной стальной трубы распорной конструкции</i>
<i>Примечания:</i>	
<i>Устройство контрфорсов производилось захватками:</i>	
1	<i>Готовый монолитный железобетонный контрфорс (поз.3 рис.1 и 3) с набором проектной прочности всех его составляющих элементов</i>
2	<i>Разборка одной стальной трубы при условии набора прочности бетона всех составляющих монолитного контрфорса</i>
<i>В такой последовательности производилась замена всех распорок (поз.5 рис.1 и 3) на монолитных железобетонных контрфорсов (поз.3 рис.1 и 3)</i>	

Выполнение работ по реализации вышеуказанного алгоритма позволило поэтапно демонтировать распорные трубы. Дальнейших деформаций подпорной стены и жилого дома не было обнаружено.

Устройство буроинъекционных свай ЭРТ под фундаменты контрфорсов, контрфорсы, а также сами ростверки производились одной подрядной организацией. При этом мониторинг горизонтальных перемещений подпорной стены и деформаций осадочных марок жилого дома проводился ежедневно, благодаря чему на данном участке не было нарушений в технологической цепочке (алгоритму): «бурение – бетонирование – электрогидравлическая обработка стенок и пяты скважины – монтаж армокаркасов».



Рисунок 2. Свайное поле под монолитный железобетонный контрфорс: 1 – оголовки буронаблюдательных свай ЭРТ; 2 – бетонная подготовка под ростверк.



Рисунок 3. Фрагменты выполненных монолитных железобетонных контрфорсов: 1 – существующие буронаблюдательные сваи ограждения котлована; 2 – ограждение котлована из монолитного железобетона; 3 – монолитные железобетонные контрфорсы усиления существующей подпорной стены; 4 – монолитный железобетонный ростверк; 5 – существующая труба – расстрел усиления

Обязательные этапы, подтверждающие соответствие проекту запроектированных свай ЭРТ под фундаменты контрфорсов:

Таблица 3

1	Испытания на прочность заранее изготовленных кубиков мелко-зернистого бетона, предназначенного для изготовления свай, согласно алгоритму, приведенному выше, подтверждают проектные значения
2	Испытания статической нагрузкой на вертикальную сжимающую нагрузку опытных свай ЭРТ подтверждают проектные значения

Выводы:

1. Выполнение геотехнических работ по реализации вышеуказанного алгоритма позволило поэтапно демонтировать распорные трубы. Дальнейших деформаций подпорной стены и многоэтажного жилого дома не было обнаружено.
2. Длительные наблюдения за техническим состоянием многоэтажного крупнопанельного жилого дома дают возможность заключить о технической правильности принятого решения по устройству монолитных железобетонных контрфорсов.

1. Plichev V.A., Mangushev R.A., Nikiforova N.S. Experience of development of russian megacities underground space. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov*. 2012. No. 2, pp. 17–20. (In Russian).
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Plichev V.A., Kononov P.A., Nikiforova N.S., Bulgakov L.A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow. *Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering*, April 3–17. New York, 2004, pp. 5–24.
4. Plichev V.A., Nikiforova N.S., Koreneva E.B. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation tranches. *Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering*. Madrid, Spain, 24–27th September 2007. «Geotechnical Engineering in urban Environments». Vol. 2, pp. 581–585.
5. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development. 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*.
6. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation. *Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan*. Almaty, Kazakhstan, 23–25 September 2004, pp. 338–342.
7. Petrukhin V.P., Shuljatjev O.A., Mozgacheva O.A. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction. *Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Prague, 2003.
8. 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.
9. 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.
10. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
11. 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.
12. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай ЭРТ с многоместными уширениями. *Жилищное строительство*. 2017. №9. С. 25-28.
13. 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.
14. 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.

Тужилкин А.В., Исаева С.М.**Особенности внедрения асинхронного привода на тяговом подвижном составе***Российский университет транспорта
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-858

Аннотация

В данной статье будут рассмотрены два типа тяговых электродвигателей. Основное содержание статьи посвящено сравнению двух типов тяговых электродвигателей, а также внедрению одного из типов тягового двигателя на отечественный подвижной состав на основании сравнительной характеристики.

Ключевые слова: коллекторный тяговый двигатель, асинхронный тяговый двигатель, бесколлекторный тяговый двигатель.

Abstract

This article refers to the two types of electric traction motors. Much attention is given to the comparison of the two types of electric traction motors. The subject matter of the study is also the implementation of one of traction electric motor types on Russian rolling stock based on comparative characteristic.

Keywords: commutator traction motor, asynchronous traction electric motor, commutatorless electric traction motor.

Для выполнения задач по повышению эффективности перевозок необходимо техническое переоснащение железнодорожного транспорта, направленное на повышение уровня использования и надежности работы сети железнодорожного транспорта. Новые электровозы должны обеспечивать увеличение и провозной и пропускной способности, снижение себестоимости перевозок и т.д.

Для выполнения этих требований необходимо внедрение асинхронного тягового привода (АТП) на всем выпускаемом электроподвижном составе (ЭПС). Внедрение АТП повлечет за собой:

- 1) Увеличение мощности тяговых электродвигателей (ТЭД) до 1400 кВт;
- 2) Улучшение использования сцепного веса;
- 3) Повышение энергетических показателей за счет применения экономичных преобразователей;
- 4) Снижение эксплуатационных затрат на ремонт и обслуживание ТПС;
- 5) Повышение надежности локомотивов;
- 6) Сокращение расхода остродефицитных материалов (медь, электротехническая сталь и т.д.).

Применяемые в настоящее время коллекторные ТЭД (КТД) имеют серьезные недостатки, связанные с наличием коллектора (рис. 1).

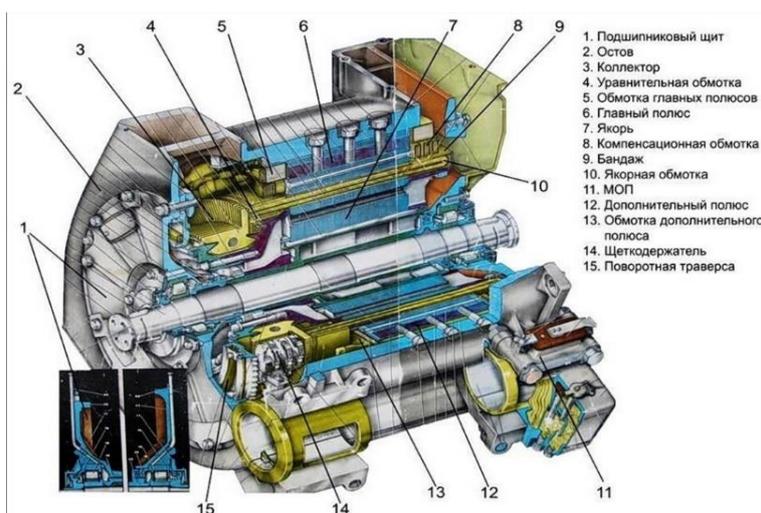


Рисунок 1 – Тяговый электродвигатель коллекторного типа и его устройство

- 1 – подшипниковый щит; 2 – остов; 3 – коллектор;
 4 – уравнительная обмотка; 5 – обмотка главных полюсов;
 6 – главный полюс; 7 – якорь; 8 – компенсационная обмотка; 9 – бандаж;
 10 – якорная обмотка; 11 – МОП; 12 – дополнительный полюс;
 13 – обмотка дополнительного полюса; 14 – щеткодержатель;
 15 – поворотная траверса.

Увеличение характеристик данных КТД невозможно по причине повышенной коммутационной напряженности, механической прочности коллектора и крепления якорной обмотки.

К недостаткам коллекторного узла можно отнести:

- 1) снижение эксплуатационной надежности локомотивов и электропоездов;
- 2) усложнение ремонта тягового подвижного состава и ТЭД в частности;
- 3) увеличение времени простоя подвижного состава во время ремонта;
- 4) увеличение расходов на содержание ТПС.

Устранение указанных недостатков достигается переходом на бесколлекторные, в частности на асинхронные ТЭД (АТД) (рис. 2).

Многочисленные работы по созданию опытных тяговых единиц привели к разработке большого числа АТД в диапазоне мощностей от 1000 до 1400 кВт. Наряду с традиционным исполнением ТЭД были разработаны конструкции с двойным ротором, безредукторные, а также варианты двигателей с дисковым ротором.

Сравнительный анализ коллекторных и асинхронных двигателей выявил следующее:

- 1) Окружная скорость ротора может достигать до 90 м/с, что превышает допустимые значения для коллекторных машин;
- 2) Удельная тангенциальная сила на поверхности ротора для АТД приблизительно в 1,5-2 раза больше, чем у КТД;
- 3) При сохранении частоты вращения АТД на уровне коллекторных машин возможно увеличение момента на валу двигателя приблизительно на 50%;
- 4) По удельной мощности АТД в 2-2,5 раза превосходят коллекторные машины;
- 5) КПД (коэффициент полезного действия) АТД приблизительно на 1,5-2% выше, чем у КТД.

Опыт отечественного и зарубежного тягового электромашиностроения доказывает принципиальную возможность создания АТД с повышенной на 30-40% мощностью в тех же габаритах, что свидетельствует о лучшем использовании активных материалов. Из опыта также следует, что АТД могут быть выполнены с мощностью в 1,5-2 раза выше коллекторных двигателей при одновременном снижении веса на 30-50%. При этом по своим энергетическим показателям они не уступают, а в некоторых случаях даже превосходят коллекторные тяговые двигатели.

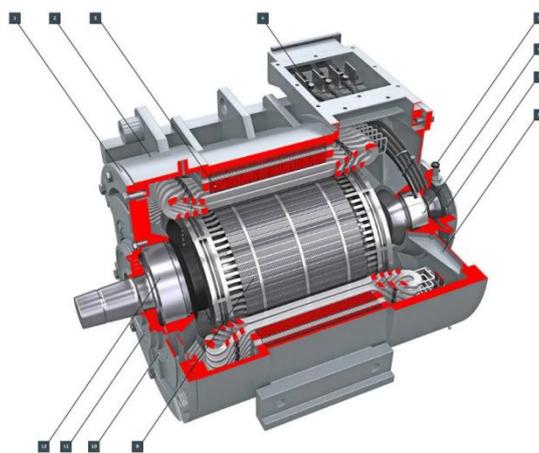


Рисунок 2. Тяговый электродвигатель асинхронного типа и его устройство

- 1 – подшипниковый щит; 2 – корпус; 3 – статор; 4 – вывод;
- 5 – датчик частоты вращения; 6 – подшипник роликовый;
- 7 – венец зубчатый; 8 – подшипниковый щит; 9 – ротор;
- 10 – крышка подшипника; 11 – кольцо уплотнительное;
- 12 – подшипник роликовый.

Наряду со сравнением абсолютных показателей ТЭД имеет значение оценка использования активных материалов. При изготовлении АТД расход меди сокращается в 1,5-2

раза. Массы магнитных материалов для двигателей одинаковых габаритов приблизительно равны. Степень использования материалов может быть оценена по их расходу на единицу полезной мощности:

- 1) Удельный расход меди для коллекторных двигателей постоянного и пульсирующего тока при переходе от четырехполюсного исполнения к шестиполюсному сокращается в 2 раза, а при применении АД – в 4 раза. Это объясняется тем, что у АД отсутствуют обмотки главных и дополнительных полюсов, компенсационная обмотка. Кроме того, вес меди ротора АД ниже веса меди якоря коллекторных машин;
- 2) Удельный расход электротехнической стали для всех типов двигателей имеет одинаковые значения, так как у асинхронной машины сталь занимает весь объем статора, что при меньших ее габаритах равноценно расходу этой стали у коллекторных машин на главные и дополнительные полюса. Кроме этого, активная длина ротора АД за счёт отсутствия коллектора и лобовых частей больше активной длины якоря КТД;
- 3) Удельный расход изоляционных материалов у АД в 3 раза меньше, чем у коллекторных машин.

Исходя из вышеперечисленного, переход на АД позволяет резко сократить расход остродефицитных материалов и расход металлов на изготовление механической части локомотива.

Отмеченные преимущества, а также ряд факторов таких как: возможность получения любых, требуемых для целей тяги, тяговых характеристик; уменьшение габаритов двигателя; увеличение осевой мощности; снижение массы тележки; облегчение ТО – привели к тому, что в настоящее время уже создано и эксплуатируется свыше 1000 единиц подвижного состава с АД.

Отечественный и зарубежный опыт позволяют считать, что перспективный подвижной состав целесообразно оборудовать асинхронными тяговыми двигателями и преобразователями.

1. Бауермейстер К., Электровозы с трёхфазным тяговым приводом // «Железные дороги мира». 1979. № 2.
2. Жулев О.Н., Валтонен П. Электровоз ВЛ69Ф с асинхронными тяговыми двигателями // Электротехника. 1986. № 4.
3. Иньков Ю.М., Литовченко В.В., Назаров Д.В. Особенности тягового электрооборудования перспективного электроподвижного состава // Электротехника. 2016. № 9. С. 38-44.
4. Михальчук Н.Л., Попов Ю.И., Савоськин А.Н., Пудовиков О.Е., Чучин А.А. Повышение эффективности электропривода электровоза с управляемым преобразователем возбуждения тяговых двигателей // Бюллетень результатов научных исследований. 2023. № 2. С. 104-114.
5. Сидоров Н.И., Сидорова Н.Н., Как устроен и работает электровоз // Транспорт. 1988.
6. Смирнов А.А. ЭГ2ТВ «Иволга»: эволюция и дальнейшие перспективы развития модельного ряда электропоездов // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2019. № 3 (47).
7. Тужилкин А.В., Исаева С.М. Сравнительная характеристика моделей электропоездов российского производства (серии ЭГ2ТВ и ЭП2Д) // Тенденции развития науки и образования. 2023, № 99-8, С. 197-199.

Yan Z.

Comparative analysis of traffic in China and Russia

*East China Jiaotong University
(China, Nan Chang)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-859

Abstract

Transportation is an important part of economic development and interconnection between countries. This paper makes a comprehensive analysis of the transportation systems of China and Russia. It studies the following aspects, including infrastructure, traffic modes, traffic rules and habits. This study aims to reveal the similarities and differences between the transportation systems of China and Russia, and to draw meaningful conclusions to provide reference for the future development.

Keywords: China, Russia, transportation, infrastructure, road network, mode of transportation, aviation, Belt and Road initiative.

Аннотация

Транспорт является важной частью экономического развития и взаимосвязи между странами. В этой статье проводится всесторонний анализ транспортных систем Китая и России. В ней изучаются следующие аспекты, включающие инфраструктуру, режимы движения, правила дорожного движения и привычки. Данное исследование призвано выявить сходства и различия между транспортными системами Китая и России и сделать выводы, которые послужат ориентиром для будущего развития.

Ключевые слова: Китай, Россия, транспорт, инфраструктура, дорожная сеть, виды транспорта, авиация, инициатива "Один пояс и один путь".

Transportation plays a vital role in supporting economic growth and promoting social development. As two vast powers, China and Russia face similar challenges in developing an efficient and interconnected transportation system. The purpose of this study is to compare and analyse these transportation systems in detail and to clarify their similarities and differences as well as potential areas of cooperation and improvement.

Infrastructure

Highway network: China has vigorously developed its highway network in the past few decades, forming the world's largest highway network. Russia's highway network is relatively underdeveloped, especially in the Far East and Siberia.

Railway system: China has the longest railway network in the world, including high-speed railways and general-speed railways. China has also vigorously developed a high-speed train network, including the famous high-speed rail system. In contrast, Russia's railway system is relatively small, especially in the Far East and Siberia, where it lacks a high-speed railway network.

Urban transportation: China's urban transportation planning and construction are relatively advanced, including transportation facilities such as subways, buses, and bicycle lanes. Many Chinese cities have well-developed public transportation systems. Urban transportation facilities in Russia are relatively simple, especially in smaller cities and rural areas.

Air transportation: China is experienced in air transportation and has the busiest aviation network in the world. China has also vigorously developed domestic airlines and built many new airports. Russia's air transport system is relatively small, mainly concentrated in large cities such as Moscow and St. Petersburg. In summary, there are some differences between China and Russia in the construction of transportation infrastructure. China has made significant progress in highway, railway and urban transportation, while Russia's development in these areas is relatively slow. However, with the advancement of the "Belt and Road" initiative, the cooperation between China and Russia in the construction of transportation infrastructure is constantly strengthening.

Mode of transportation

Railway transportation: Russia is the country with the longest total length of railway lines in the world, and railways occupy an important position in the transportation of goods in Russia. China also has a well-developed railway system, but compared with Russia, China's railway transportation accounts for a lower proportion of domestic cargo transportation, and it is more developed in passenger transportation.

Highway transportation: China is the country with the largest total mileage of expressways in the world. Expressways play an important role in China's cargo and passenger transportation. Russia has a relatively small highway network, especially in the Far East and Siberia, and the development of highways is relatively lagging behind.

Waterway transportation: Due to Russia's vast territory and many inland rivers and oceans, waterway transportation occupies an important position in Russia's cargo transportation. China also has a well-developed inland water transport and marine shipping system, but compared with Russia, China's water transport is relatively small.

Air transportation: China is one of the countries with the largest air passenger throughput in the world, and air transportation occupies an important position in China's passenger transportation. The scale of air transport in Russia is relatively small, but due to the vast territory of Russia, air transport plays an important role in the connection between the mainland of Russia and remote areas.

Pipeline transportation: Russia has the world's largest natural gas and oil pipeline network, and pipeline transportation occupies an important position in Russia's energy exports. China is also developing pipeline transportation, especially natural gas pipelines, to meet the domestic energy needs.

In summary, there are some differences in the modes of transportation between China and Russia in terms of railways, highways, waterways, aviation and pipelines. This is mainly due to the influence of geographical, economic and historical factors of the two countries. However, with the deepening of Sino-Russian cooperation, the modes of transportation between the two countries are gradually converging, especially in the fields of railways, aviation and pipelines.

Traffic rules and habits

Right-hand traffic vs. left-hand traffic: In the People's Republic of China, the rules for vehicle traffic are right-hand traffic, while Russia is left-hand traffic. This difference may lead to traffic chaos and discomfort at the junction of the two countries.

Traffic lights: Traffic lights in China follow the principle of stopping at red lights and traveling at green lights, but in Russia, the yellow lights flash to indicate that they are ready to stop, while the green lights indicate that they are ready to drive. This may lead to confusion among foreign drivers when adapting to the new rules.

Driving behaviour: In China, drivers usually abide by the rules and respect traffic signals and pedestrian rights. In Russia, driving behaviour is more aggressive, drivers move faster, often speeding and changing lanes. This may lead to an increased risk of traffic accidents.

Traffic comity: In China, comity to pedestrians is a common behaviour, and vehicles will take the initiative to comity to pedestrians to pass the zebra crossing. In Russia, vehicles usually do not take the initiative to be courteous to pedestrians, and pedestrians must wait for the right time to pass.

Use of seat belts: In China, the use of seat belts is stipulated by law, and all passengers must use seat belts. In Russia, although there are similar regulations, they are sometimes not observed.

In summary, there are differences in traffic rules and habits between China and Russia in terms of right-hand traffic, traffic lights, driving behaviour, traffic comity and seat belt use. These differences may lead to discomfort in traffic between the two countries and potential traffic safety risks. Therefore, it is very important for drivers to understand and abide by local traffic rules and habits.

This study focuses on successful transportation projects in China and Russia through case studies. For example, China's "Belt and Road" initiative has promoted the development of transportation infrastructure in Asia, Europe and Africa. In Russia, the Trans-Siberian Railway project demonstrates the importance of rail transportation in connecting Russia's vast territory. The lessons learned from these case studies can inform future transportation planning and investment.

Environmental impact

Sustainable transportation development is a matter of general concern. Both China and Russia recognize the need to minimize the environmental impact of transportation systems. China is investing in electric and hybrid vehicles, while Russia is focusing on improving fuel efficiency. In addition, both countries are actively exploring renewable energy sources to power transportation networks. Achieving sustainable transportation is essential for the long-term socio-economic development.

China-Russia aviation cooperation:

China-Russia aviation cooperation is also one of the important areas of transportation cooperation between the two sides. At present, the number of flights between China and Russia is constantly increasing, and air transportation has played an important role in tourism and business exchanges between the two countries. In addition, Chinese airlines and Russian airlines have also carried out code sharing and joint venture cooperation, further strengthening aviation cooperation between the two countries.

In summary, China-Russia transportation cooperation has achieved some important results in the fields of high-speed rail, natural gas pipelines and aviation. This cooperation not only promoted

economic and personnel exchanges between China and Russia, but also strengthened cooperation between the two countries in the fields of technology and engineering.

In summary, this article makes a comprehensive analysis of the transportation systems of China and Russia. Despite differences and unique challenges, the two countries have made significant progress in strengthening infrastructure and interconnection. By giving full play to their respective advantages and sharing experiences, China and Russia can work together to further develop and improve the transportation systems of the two countries and promote socio-economic development and regional integration.

This work was carried out within the framework of School of academic literacy (SAL), Ufa University of Science and Technology.

1. Wang Y. A comparative analysis of transportation systems in China and Russia. *Journal of Transport Geography*, 2018.
 2. Liu X., & Ivanov D. Comparative analysis of transport infrastructure development in China and Russia. *Procedia Engineering*, 2016.
 3. Zhao Y., & Li W. Comparative study on transportation policies in China and Russia. *Transportation Research Procedia*, 2019.
 4. Zhang L., & Sokolov B.V. Comparative analysis of transport networks in China and Russia. *Procedia Engineering*, 2017.
 5. Ministry of Transport of the People's. China's transportation development report. 2021. URL: <http://www.mot.gov.cn>
 6. Ministry of Transport of the Russian Federation. Russia's transportation development report, 2021. URL: <http://www.mintrans.ru>
-

РАЗДЕЛ XXXIII. АГРОНОМИЯ

Бражицкая П.А., Попова Ю.С.

Капиллярная вода в почве

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

doi: 10.18411/trnio-12-2023-860

Аннотация

Почва является одним из самых важных природных ресурсов, который обеспечивает рост и развитие растений. Одним из ключевых факторов, влияющих на плодородие почвы, является наличие и движение воды в ее порах. Капиллярная вода играет важную роль в этом процессе, обеспечивая постоянное поступление влаги к корням растений.

Ключевые слова: капиллярная вода, почва, растения, проницаемость, способность.

Abstract

Soil is one of the most important natural resources that ensures the growth and development of plants. One of the key factors affecting soil fertility is the presence and movement of water in its pores. Capillary water plays an important role in this process, providing a constant supply of moisture to the plant roots.

Keywords: capillary water, soil, plants, permeability, ability.

Капиллярная вода - это вода, которая заполняет поры почвы благодаря силе поверхностного натяжения. Она поднимается вверх по капиллярам, образованным между частицами почвы, против силы тяжести. Вот некоторые основные свойства капиллярной воды:

- Коэффициент капиллярного подъема: Капиллярное поднятие зависит от диаметра капилляров и поверхностного натяжения воды. Чем меньше диаметр капилляра, тем выше будет капиллярное поднятие.
- Капиллярная влажность: Это влажность почвы, при которой капиллярная вода еще присутствует в порах почвы. Она зависит от размера частиц почвы и их распределения.
- Водопроницаемость почвы: Капиллярная вода способна проникать через поры почвы и перемещаться вниз под действием гравитации. Водопроницаемость почвы определяет скорость движения капиллярной воды [3].

Существует несколько способов регулирования капиллярной воды в почве:

1. Дренажирование: установите дренажные системы для удаления излишков воды из почвы. Это может быть устройство системы дренажных труб или установка дренажных колодцев для сбора и отвода излишков воды.
2. Мульчирование: нанесите слой мульчи на поверхность почвы. Мульча помогает задерживать влагу в почве, предотвращая ее испарение и уменьшая рост капиллярного подъема.
3. Использование грунтозацепленных полимеров: применение полимеров, которые способны поглощать и задерживать влагу в почве, может помочь контролировать ее уровень.
4. Орошение по мере необходимости: поливайте растения и почву только тогда, когда это необходимо, чтобы предотвратить излишнюю влажность и уменьшить капиллярный подъем.
5. Контурная посадка: при посадке растений учитывайте наклон поверхности и практикуйте контурную посадку. Это поможет задерживать воду и предотвратить ее скопление.
6. Использование грунтовых добавок: добавление органической материи в почву, такой как компост или перегной, поможет улучшить структуру почвы, повысить ее воздухопроницаемость и способность водоудерживания.

7. Контроль за плотностью почвы: избегайте плотной уплотненной поверхности почвы, так как это может препятствовать дренированию и увеличивать капиллярный подъем. Используйте подходящие инструменты и методы для разрыхления почвы [1].

Важно учитывать особенности конкретного участка и его потребности во влаге для более эффективного регулирования капиллярной воды.

От чего зависит капиллярная вода в почве?

Первым фактором, который влияет на капиллярную воду, является размер поров в пористой среде. Капилляры - это маленькие тонкие трубочки, образующиеся в пористой среде, и их размер определяет, какая именно вода будет задерживаться. Чем меньше размер поров, тем больше капиллярная вода задерживается, так как вода имеет свойство подниматься вверх по капиллярам, против гравитационной силы [4].

Еще одним фактором, влияющим на капиллярную воду, является поверхностное натяжение. Вода имеет высокое поверхностное натяжение, что способствует ее подъему вверх по капиллярам. Поверхностное натяжение зависит от состава и структуры поверхности пористой среды. Если поверхность поров неоднородна или имеет большое количество дефектов, то поверхностное натяжение будет снижаться, а, следовательно, и способность пород задерживать капиллярную воду.

Также важным фактором, определяющим капиллярную воду, является проницаемость пористой среды. Проницаемость – это свойство пористой среды пропускать жидкость или газ. Чем больше проницаемость пористой среды, тем легче вода проникает внутрь пор, и, следовательно, тем больше капиллярная вода задерживается [2].

Сравнительный анализ капиллярной воды в почве:

Сравнительный анализ капиллярной воды может быть уровнем влажности различных типов почв, таких как песчаные, суглинистые и глинистые. Отличия могут заключаться во многих факторах, включая структуру почвы, плотность, величину частиц, пористость и проницаемость. Например, песчаные почвы обычно имеют более высокую пористость и проницаемость, чем глинистые. Это означает, что они имеют более высокую способность удерживать и передавать воду. Поэтому в таких почвах капиллярная вода может быть доступнее для растений. Однако, из-за более высокой проницаемости, песчаные почвы также могут более быстро высохнуть, если нет достаточного запаса воды. С другой стороны, глинистые почвы, хотя и имеют более низкую проницаемость, обладают высокой водоудерживающей способностью. Это означает, что они могут вмещать больше воды, что может быть выгодно в периоды засухи или недостатка влаги. Отсутствие проницаемости глинистых почв также может быть полезным в избежание эрозии и сохранении влаги. Суглинистые почвы, находящиеся где-то между песчаными и глинистыми, обладают промежуточными характеристиками по водоудерживающей способности и проницаемости. Изучение капиллярной воды в таких почвах может помочь определить их преимущества и недостатки, а также разработать соответствующие практики по обработке и увлажнению.

Сравнительный анализ капиллярной воды в почве также может включать изучение влияния климатических условий. Различные климатические зоны имеют различные режимы осадков и влажности, что влияет на высоту поднимающейся капиллярной воды. Изучение этих различий может помочь оптимизировать проведение искусственного орошения, особенно в засушливых районах [5].

Факторы, влияющие на капиллярное водонасыщение:

Капиллярное водонасыщение - это процесс, при котором вода поднимается через мелкие поры грунта или другой пористой среды под воздействием капиллярных сил. Этот процесс является важным фактором для определения влажности почвы и доступности воды для растений. Рассмотрим основные факторы, которые влияют на капиллярное водонасыщение.

1. Размер и форма частиц грунта: Мелкие частицы грунта имеют большую поверхность и более тесно связанную структуру, что способствует поднятию воды.
2. Свойства воды: Физико-химические свойства воды, такие как поверхностное натяжение, вязкость и плотность, могут влиять на капиллярное водонасыщение.
3. Гравитация: Гравитационная сила направлена вниз и противодействует капиллярным силам.

4. Плотность грунта: Более плотный грунт может иметь большую пустотность и меньшую способность к капиллярному подъему воды.
5. Температура: При повышении температуры вода обладает более высокой подвижностью и поднимается легче по капиллярам грунта.
6. Вязкость почвы: Более вязкая почва имеет более медленную подвижность воды и меньшую способность к капиллярному подъему.

Значение и функции капиллярной воды для растений:

- Постоянное поступление влаги к корням: Капиллярная вода поднимается по капиллярам и достигает корней растений, обеспечивая им необходимую влагу для фотосинтеза и питания.
- Поддержание тургорного давления: Она позволяет растениям сохранять свою форму и противостоять внешним факторам [6].

В заключении хотелось бы сказать, что капиллярная вода является важным фактором, обеспечивающим растениям необходимую влагу для их роста и развития. Понимание свойств и значения капиллярной воды в почве позволяет нам лучше управлять и использовать этот ресурс для повышения плодородия почвы и улучшения сельскохозяйственного производства. Понимание этих факторов является важным для многих научных и практических областей, связанных с изучением и использованием капиллярной воды.

1. Динамика водопроницаемости почв Северо-Западного Кавказа при их гидрометаморфизме
2. Осипов А.В., Власенко В.П., Плитинь Ю.С., Бугаевский В.К. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 39. С. 77-80.
3. Влияние различных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на энергопотенциал органического вещества чернозема выщелоченного Попова Ю.С., Швец Т.В.
1. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2016. С. 64.
4. Деградационные процессы в почвах Северо-Западного Кавказа и методы их регулирования Власенко В.П., Терпелец В.И., Попова Ю.С., Швец Т.В., Костенко В.В. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 58. С. 79-83.
5. Изменение свойств и гумусного состояния чернозема выщелоченного в агроценозах Западного Предкавказья Терпелец В.И., Попова Ю.С., Швец Т.В. Белгород, 2016. С. 125-126.
6. Водопроницаемость почв рисовых агроландшафтов современной дельты Кубани Осипов А.В., Слюсарев В.Н., Попова Ю.С., Суминский И.И. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 87. С. 88-92.
7. Влияние агротехнологий на показатели плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья Осипов А.В., Попова Ю.С., Суминский И.И. 2020. С. 291-295.

Вардамацкая К.В.

Ресурсосбережения в сельском хозяйстве за счет совершенствования техники (на примере разработок компании John Deere)

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

doi: 10.18411/trnio-12-2023-861

Научный руководитель: Савин М.И.

Аннотация

В данной статье предлагается рассмотреть применение высокотехнологичной современной техники, технологий автопилотирования и анализа окружающей среды как элемента ресурсосбережения

Ключевые слова: ресурсосбережение, сельскохозяйственная техника, John Deere

Abstract

In this article, it is proposed to consider the use of high-tech modern technology, autopilot technology and environmental analysis as an element of resource conservation

Keywords: resource conservation, agricultural machinery, John Deere

Ресурсосбережение, является одним из актуальных вопросов современного сельского хозяйства. В ряде регионов России, таких как Белгородская, Липецкая и Орловская области, а также в Краснодарском и Ставропольском краях, уже активно используются ресурсосберегающие технологии.

Ресурсосбережение в сельском хозяйстве и, в частности, в растениеводстве это комплекс мер, направленных на научнообоснованную оптимизацию используемых ресурсов. Их внедрение позволяет предотвратить снижение плодородия почвы и замедляет процессы эрозии, сокращаются расходы на ГСМ, посевной материал, пестициды и удобрения, что позволяет снизить себестоимость продукции.

В настоящее время в сельском хозяйстве уже разработаны и применяются на практике технологии позволяющие добиться снижения затрат. Все имеющиеся технологии сводятся в первую очередь к уменьшению глубины обработки почвы и количества проходов сельскохозяйственной техники. Одна из таких технологий, это минимальная технология обработки почвы (mini-till). Данная технология предусматривает отказ от традиционной отвальной вспашки, все обработки почвы проводят на глубину до 10 см. Исследования проводимые сотрудниками Курской ГСХА показали, что при возделывании пшеницы по минимальной технологии, рентабельность была на 9% выше чем при возделывании по традиционной технологии.

По данным Фонда «Национальное движение сберегающего земледелия», использование ресурсосберегающих технологий по данным направлениям позволило снизить затраты горючесмазочных материалов (до 50%), увеличить производительность труда (на 20-40%), сократить сроки посева, что, в конечном итоге, обеспечило урожайность зерновых культур на уровне традиционной технологии или даже несколько выше при очевидном снижении затратных составляющих.

Кроме перехода к минимальным технологиям обработки почвы, вклад в ресурсосбережение вносят и применение систем точного земледелия. Точное земледелие это комплекс по управлению продуктивностью посевов за счет использования спутниковых и компьютерных технологий. В основе точного земледелия лежит работа с цифровыми картами полей. При составлении таких карт, каждое поле разбивается на отдельные единицы, в каждой такой единицы представлены данные агрохимического анализа, которые в последующем используются для управления продуктивностью посевов. Так же данная технология позволяет удаленно проводить мониторинг за состоянием посевов.

Системы мониторинга состояния посевов, почвы и анализа ландшафта полей стали основой для дифференцированного внесения удобрений. Дифференцированное внесение удобрений (ДВУ) — одна из технологий точного земледелия, которая обеспечивает изменение доз удобрений в зависимости от уровня плодородия почвы, планируемой урожайности и потребностей каждой зоны поля. Такая технология позволяет предотвращать появление так называемых “Проплешин” - участков поля со слабыми или прореженными всходами, которые существенно влияют на урожайность (разница в урожайности между участками на одном поле может достигать 500-600%). ДВУ позволяет управлять нормированием доз подкормок в соответствии с составом почвы и планируемой урожайностью выравнивая зоны урожайности. Сперва отбираются и анализируются пробы на базе которых составляются карты полей и ставятся задачи машинам, распределяющим удобрения. Затем, используя спутниковую навигацию и системы автопилотирования, техника производит внесение удобрений в соответствии с определенными в лаборатории нормами.

Сегодня, современные технологии позволяют развивать ресурсосбережение за счет внедрения систем автоматического управления, искусственного интеллекта и множества

аналитических сводок о состоянии окружающей среды, поверхности, посевной/жатвенной культуры и тд. Один из элементов точного земледелия это система параллельного вождения. Параллельное вождение позволяет экономить ресурсы благодаря сокращению разворотных полос, значительно сокращается ширина перекрытий. Экономия ГСМ может достигать 15%, семян и удобрений до 15-20%. Все навигационные системы можно разделить на два уровня, первый представляет полностью автоматизированную систему, в которой отсутствует необходимость вмешательства человека, системы второго уровня требует непосредственного контроля за выполнением работ и вручную разворачивать технику на краях полей.

Помимо усовершенствования материалов, современная сельскохозяйственная техника оснащается различными технологиями, облегчающими выполнение различных задач. Например, техника компании John Deere оснащается системой параллельного вождения. Приобретая оборудование для точного земледелия, можно использовать базовый сигнал SF1, который уже позволяет производить автоматическое движение техники по заданным траекториям. Погрешность, которая составляет +/-23см, является серьезным недостатком, который ограничивает возможное количество проводимых операций. Последующие два уровня сигнала являются опционными и их необходимо докупать. Следующий сигнал, SF2, является более точным, его погрешность всего +/-5 см, что позволяет его использовать на операциях, где важна точность, например, таких как посев или посадка, обработка почвы и др. Самая максимальная точность возможна при использовании сети RTK. Данная сеть обладает точностью +/-2,5см, что является отличным показателем. Преимуществом сети RTK является, что при установке одной базовой станции, появляется возможность подключения к ней любого количества самоходной техники. Высокая точность и повторяемость сигнала RTK облегчает работу оператора, в условиях, когда важна точность производимых операций. Таким образом, становится возможным проводить высокоточные работы, сокращать ширину перекрытий от проходов техники и тем самым, обеспечить оптимизацию использования топлива, семян, удобрений или СЗР.

Вторым инструментом, и отличным дополнением к приборам точного земледелия, являются системы автоматизации процессов: AutoTrac для автопилотирования техники и MachineSyn для синхронизации и координации уборочных процессов. Система автоматического вождения AutoTrac позволяет снизить эксплуатационные расходы, а именно трудозатраты, расходы на удобрения и топливо. В результате повышается эффективность работы. Более того, она может использоваться и на опрыскивателях, и на комбайнах, и на кормоуборочных комбайнах. Позволяет максимально сокращать перекрытия при работе на поле. Возможна работа не только на прямолинейных траекториях так и на изогнутых, также дает возможность проведения работ в условиях ограниченной видимости. Для облегчения и ускорения уборочных работ применяется система MachineSync. Такая система упрощает выгрузку и повышает производительность, облегчает координацию двух или более машин на одном поле. При работе системы обеспечивается синхронизация между комбайном и трактором с прицепом, в который осуществляется выгрузка. Комбайн управляет скоростью и траекторией движением трактора, облегчая работу операторов двух машин и соответственно повышая производительность работы. За счет синхронизации с комбайнами, оператор трактора может отслеживать местонахождение уборочной техники, а также уровень заполнения бункера.

Совокупность упомянутых технологий позволяет сократить затраты на топливо, семена, удобрения, повысить производительность труда и снизить нагрузку на механизаторов. Помимо этого, системы точного земледелия позволяют использовать такие технологии обработки почвы как strip-till. Проводя обработку почвы поля полосами, в дальнейшем необходимо проводить все последующие операции по этим же полосам. Используя системы навигации, становится возможным попадать в полосы при выполнении всех последующих операций.

В настоящее время, использование подобных систем имеет ряд проблем, которые, в большинстве своем связаны с недостаточным финансированием отрасли, дороговизной закупок и проблемах с импортом. Часть упомянутых систем могут покрыть отечественные производители. Например, используя систему агро-мониторинга и управления

сельскохозяйственным предприятием “Полевод” от ООО «Директ Фарм Технологии» можно оптимизировать работу сотрудников агропредприятия, а компании типа ООО “EFT GROUP” и ООО “АТЛАС-М” занимаются реализацией приборов и комплектующих для точного земледелия. Но, к сожалению, отечественные поставщики не готовы предоставить аналоги продукции лидеров отрасли. В связи с чем, аграриям, которые хотят внедрить высокотехнологичные машины с полной комплектацией систем точного земледелия и контроля сельскохозяйственной техники, приходится рассчитывать на зарубежные компании, в том числе Deere & Company.

1. Золотарева, Е. Л. Экономическая эффективность применения ресурсосберегающих технологий в растениеводстве / Е. Л. Золотарева, К. В. Архипов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 3. – С. 4-6. – EDN QBUFBV.
2. Ефремова, А. В. Мобильные приложения в условиях цифровизации АПК / А. В. Ефремова, М. И. Савин // Инновационный подход к развитию аграрной науки. Том Часть 1. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью “Русайнс”, 2023. – С. 180-183. – EDN AVLGTU.
3. Мобильные приложения в сельском хозяйстве / Е. В. Калабашкина, М. И. Савин, Н. К. Тихонов [и др.] // Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая : Материалы VII международной научно-практической конференции, Кызыл, 22–25 июня 2022 года. – Кызыл: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Тувинский государственный университет”, 2022. – С. 243-244. – EDN UIKYHN.
4. Официальный сайт компании John Deere [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.deere.ru/ru/> (Дата обращения 20.11.2023).
5. MachineSync Технологии точного земледелия [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.deere.ru/ru/machine-sync> (Дата обращения 20.11.2023).

Виноградова В.С., Веточкина Е.А.

Особенности процесса компостирования гидролизного лигнина

*ФГБОУ ВО Костромская государственная сельскохозяйственная академия
(Россия, Кострома)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-862

Аннотация

Рассматриваются процессы компостирования гидролизного лигнина в смеси с органическими сельскохозяйственными отходами и минеральными компонентами в определенных соотношениях, рассчитанных с использованием компьютерной программы, учитывающей содержание элементов питания в компостируемой массе, которое соответствует требованиям, предъявляемым к органическим удобрениям.

Ключевые слова: гидролизный лигнин, птичий помёт, навоз, аммиак, компостирование, агрохимический состав компостов, динамика микрофлоры.

Abstract

The processes of composting hydrolytic lignin mixed with organic agricultural waste and mineral components in certain ratios, calculated using a computer program that takes into account the content of nutrients in the composted mass, which meets the requirements for organic fertilizers, are considered.

Keywords: hydrolytic lignin, bird droppings, manure, ammonia, composting, agrochemical composition of composts, microflora dynamics.

В условиях интенсивной химизации сельского хозяйства органические удобрения не только не теряют своего значения, но их роль в повышении плодородия почв, получения высококачественной, экологически чистой продукции растениеводства, возрастает. Лигнин, наряду с целлюлозой, наиболее распространенное органическое вещество, которое входит в состав одревесневающих растительных стенок всех наземных растений. В связи с этим,

использование в качестве органических удобрений различных видов лигниновых отходов для ученых аграрного комплекса представляет большой научный и практический интерес. На основе лигнина были приготовлены и использованы лигнино-пометные (ЛП программированный), лигнино-пометный 2:1(ЛП 2:1), лигнино-известковые (ЛИ) и лигнино-аммиачные (ЛА) компосты.

Для проведения научно-исследовательской работы в качестве исходных компонентов в разные годы исследований использовали различные виды биосырья, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика исходных компонентов органических компостов.

Показатели, %, а.с.м.	Виды органических отходов			
	Навоз КРС	Солома злаковая	Птичий помет	Лигнин
Влажность	72,20	14,3	83,00	66,40
pH kcl	7,10	5,0	7,40	4,10
Зола	12,30	10,0	37,30	8,90
Азот общий	2,15	0,56	4,05	0,30
Фосфор	1,16	0,20	5,16	0,51
Калий	1,95	0,75	3,08	0,16

Неоднородные по химическому составу виды органических продуктов предполагали различные способы их облагораживания и использования в качестве органических удобрений.

Для приготовления лигниновых компостов органику вывозили на специальную площадку, где при формировании бурта 2,0-2,5м высоты, 2-3м ширины и произвольной длины, в лигнин добавляли необходимые компоненты (навоз КРС, помет бройлеров, минеральные добавки). Технологической особенностью приготовления ЛА компостов являлся прием обработки органической массы безводным аммиаком, которую проводили с помощью установки УШИ-4, разработанной Костромским филиалом НИПТИЖ.

Учитывая технологию приготовления компостов, широко распространенную производственных условиях, при смешивании исходных компонентов в соотношении 1:1,1 2,1 :3, 2:1 без балансировки питательных веществ, но исходя из физиологической потребности микробных и растительных организмов, для нормальной жизнедеятельности которых необходим баланс основных элементов питания в органической массе, нами были разработаны составы компостов с учетом указанных требований

Для контроля содержания и соотношения питательных веществ в компостной массе, нами была разработана программа расчета, которая позволяет, исходя из данных по химическому составу входящих ингредиентов, быстро определить массовое количество необходимых добавок к основному компоненту, при движении к заданному, оптимальному содержанию и соотношению основных элементов питания. Расчет ведется на добавки органических соединений, воды и минеральных солей. Принцип расчета основан на балансовом методе. Входную информацию составляет количество исходных компонентов, их состав по содержанию основных элементов питания, по которым предусматривается основной расчет. Формализацию расчета проводили последовательным способом: на первом этапе рассчитывали содержание каждого, учитываемого элемента, а далее соотношение этих элементов в компостной массе, при движении к заданному.

Важно было проследить за микробиологическими процессами, протекающими в созревающих компостах, поскольку на основании результатов используемых биологических тестов и агрохимических анализов компостируемой массы, можно судить, как о сроках готовности, так и о качестве органического удобрения.

Компостирование — это микробиологический процесс, идущий при участии различных микроорганизмов, в результате которого происходит минерализация органических веществ с созданием и разрушением гумуса при метаболизме сообществ микроорганизмов (1,2).

Исследования динамики процесса созревания лигниновых компостов показали, что компостирование зависит от различных факторов, так или иначе влияющих на его течение и

исходный агрохимический состав органической массы при этом, играет далеко не последнюю роль. Богатая углеродом среда создает благоприятные условия для развития гетеротрофных микроорганизмов. Проследив изменение их численности во времени, было установлено, что она варьирует в зависимости от того, насколько устраивает среда и хватает данной физиологической группе микроорганизмов питательных веществ. Наблюдения подтвердили, что компосты разогреваются биологическим путем. В течение первых 10 суток температура в массе повышалась на 8-20^oC и на 26-28 день компостирования достигала 53-66^oC, затем температура постепенно снижалась и через шесть недель составляла 41-49^oC. Следует обратить внимание на тот факт, что масса чистого лигнина имела достаточно стабильный температурный режим, который находился на уровне 26-28^oC. Данное обстоятельство подтверждает, что для активного заселения органической массы микроорганизмами необходима среда, соответствующая их физиологическим требованиям (Рис. 1).

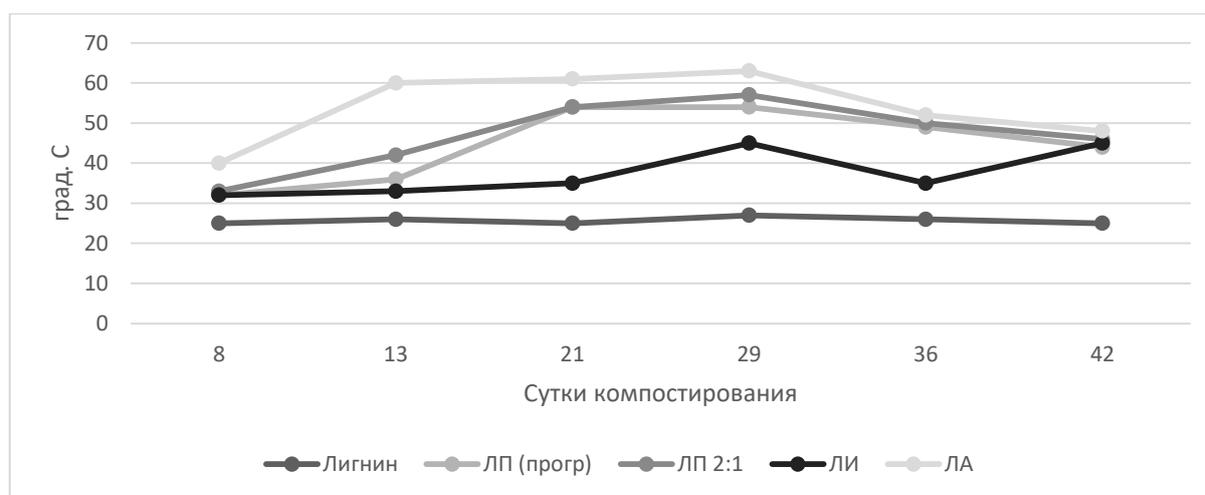


Рисунок 1. Температурный режим в процессе компостирования.

Сложившийся температурный режим и различное количество входящих в состав компостов ингредиентов, отразились на биоценотическом варьировании численности отдельных групп микроорганизмов.

В начале компостирования преобладающей микрофлорой являлись грибы, они росли практически на всех твердых питательных средах в виде оранжевых, зеленых и белых колоний — грибная флора класса *Fungi imperfecti*.

Углерод лигнина используется в конструктивном и энергетическом обмене различных бактерий (*Agrobacterium*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas* -и многих других), актиномицетов, и грибов (3).

В процессе компостирования уже через 2-3 недели мезофильная флора сменилась термофильной. Полученные данные характеризуют компостируемые массы как высоко биологически активные. Пик численности приходился на 3-4 неделю компостирования и составлял 152-718 млн.КОЕ/г (Рис 2.).

При этом самую низкую активность наблюдали в лигнино-известковой смеси. За период исследований она не поднималась выше 152 млн. КОЕ/г. Следует отметить, что кривые динамики численности гетеротрофной группы были более ровными в компостах, где содержание и соотношение основных элементов питания рассчитывалось с учетом физиологических потребностей микроорганизмов. Вероятно, сложившаяся среда в компостной массе создавала благоприятные условия для активной деятельности микрофлоры.

Полученные результаты позволили предположить, что уже через 5-6 недель в компостируемой массе стабилизируются биохимические процессы и компосты можно использовать в качестве органических удобрений, так как их агрохимический состав соответствовал требованиям (табл.2).

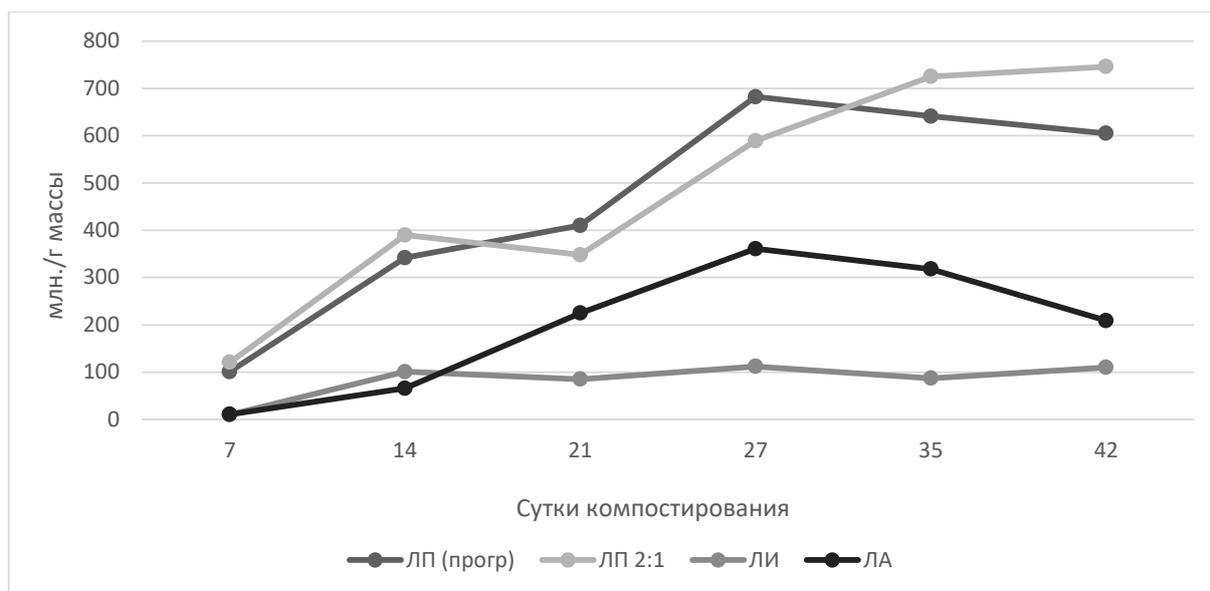


Рисунок 2. Динамика численности гетеротрофных микроорганизмов в процессе компостирования.

Таблица 2

Химический состав органических удобрений.

Виды продуктов	pH KCl	Азот общий, %	Азот аммиачный, %	Фосфор, %	Калий, %	Зола, %	Влага, %	C/N
ЛП (програм)	7,2	1,95	0,19	0,82	1,90	45,5	62,1	21,3
ЛП 2:1	6,7	1,09	0,10	0,63	0,96	53,4	52,6	39,1
ЛИ (100 кг CaCO ₃ на 1 т лигнина)	7,8	0,38	0,03	0,91	0,25	47,9	64,6	130,0
ЛА (програм)	7,3	2,04	0,61	0,94	1,92	17,8	60,9	20,1

Из представленных данных следует, что приготовленные компосты имели близкую к нейтральной и слабощелочной реакции среды рНKCl — 6,7-7,8, были насыщены основными элементами питания. Что касается соотношения C/N, то следует отметить, что в компостах, где расчет основных элементов проводился с учетом этого показателя, оно приближалось к заданному и составляло 21,3-20:1. Другие виды органических удобрений имели или слишком узкое - 3,7-8,7, или очень широкое - 39-130:1 соотношение основных органогенов.

Как отмечают многие авторы, органические удобрения, имеющие соотношение C/N уже, чем 15-20/1, при внесении их в почву, активизируют в ней минерализационные процессы, приводящие к потере органического вещества. Напротив, смещение соотношения в сторону высокого содержания углерода, приводит к иммобилизации азота микрофлорой почвы. И та, и другая ситуация могут сказаться на поступлении в растения основных элементов питания не самым лучшим образом. (3,4).

Поэтому, так важно учитывать качественные характеристики состава органических удобрений, используемых для повышения продукционного процесса возделываемых сельскохозяйственных культур и поддержания почвенного плодородия

1. Волчатова И.В., Беловежец Л.А., Медведева С.А. Микробиологическое и биохимическое исследование лигнокомпоста в процессе созревания // Микробиология. 2002. Т. 71. №4. С. 545–549.

1. 2.Хомяков А.И., Виноградова В.С. Применение гидролизного лигнина для получения органических компостов // Информационный листок ЦНТИ. Кострома, 1990 – 4с.
2. 3.Чимитдоржиева Г.Д., Егорова Р.А. Экологические аспекты использования органических удобрений // Агрохимия. 2000. №4. С. 72–74.
3. 4.Беловежец Л.А., Медведева С.А. Перспективные способы переработки вторичного лигноцеллюлозного сырья// Химия растительного сырья. 2010. №2. С.5-16

Гузенко А.С., Попова Ю.С.

Роль дождевых червей в антропогенных почвах

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

doi: 10.18411/trnio-12-2023-863

Аннотация

Роль дождевых червей как одной из важнейших групп экосистемных инженеров в измененной человеком и естественной среде обитания получила все большее признание только в течение последних 30 лет, однако дождевые черви и люди тысячелетиями действовали сообща в создании ландшафтов. Благодаря биотурбирующему действию дождевых червей почва подвергается биологическим, химическим и физическим изменениям; питательные вещества перемещаются; органическое вещество разлагается и трансформируется; и окружающая биота взаимодействует как большой оркестр, где почвенные музыканты играют вместе на различных инструментах, но где дождевые черви играют ведущую роль, усиливая микробную активность и в целом стимулируя рост растений. В этой статье мы оцениваем замечательную роль дождевых червей в центре почвенных почвообразовательных процессов в антропогенных ландшафтах.

Ключевые слова: дождевые черви, рост, почва, растения, человек.

Abstract

The role of earthworms as one of the most important groups of ecosystem engineers in the human-modified and natural habitat has been increasingly recognized only over the past 30 years, but earthworms and humans have been working together for thousands of years in creating landscapes. Due to the bioturbating action of earthworms, the soil undergoes biological, chemical and physical changes; nutrients move; organic matter decomposes and transforms; and the surrounding biota interacts like a large orchestra, where soil musicians play together on various instruments, but where earthworms play a leading role, enhancing microbial activity and generally stimulating plant growth. In this article, we evaluate the remarkable role of earthworms in the center of soil-forming processes in anthropogenic landscapes.

Keywords: earthworms, growth, soil, plants, man.

Роль почвенных животных в почвообразовании была впервые признана Чарльзом Дарвином в 1837 году и хорошо иллюстрирована в его последней книге "Формирование растительной плесени под действием червей" с наблюдениями за их привычками. К сожалению, с годами эта книга стала более известна как "книга о червях", а не как "книга о почвах". Это может быть одной из причин, по которой концепция биотурбации как почвообразующего процесса, представленная Дарвином, не была широко принята другими учеными для дальнейшего развития до десятилетий спустя, и прошло более столетия, прежде чем почвоведы начали включать биотурбацию в свои модели почвообразования. Это произошло, несмотря на усилия многих исследователей, предлагавших дождевых червей и насекомых не только в качестве гумусообразователей, но и в качестве почвообразователей и агентов педотурбации.

Исследования роли почвенной фауны в педогенезе набрали силу только в 1980-х годах, когда появилось множество статей, описывающих и подчеркивающих роль дождевых червей в

этом процессе. Эта тенденция продолжалась и в 21 веке, хотя она все еще не стала обобщенной: даже в наши дни предлагаются некоторые модели почвогенеза, которые не включают почвенную фауну.

Поэтому в настоящей статье мы предоставляем обзор того, как почвенная фауна может влиять на почвообразование, уделяя особое внимание дождевым червям. Мы обсуждаем, как взаимодействие между почвенной фауной и людьми может создавать особенно впечатляющие антропогенные загрязнения, которые могут оказывать серьезное влияние на свойства и процессы экосистемы, а также на устойчивость использования почвы, особенно в сельском хозяйстве.

В лесной местности преобразование свойств почвы путем добавления древесного угля и питательных веществ является доминирующей темой в изучении почв, созданных человеком. В подверженных наводнениям сезонных водно-болотных угодьях, люди преобразовали почвы совершенно иным способом: они переместили огромное количество земли, чтобы создать возвышенные сооружения, на которых они могли бы заниматься сельским хозяйством. В процессе создания культурной ниши обитатели этих сред создали или усилили топографическую неоднородность водно-болотных угодий с широким спектром последствий для почвенных процессов. Такие животные являются инженерами почвенной экосистемы, поскольку они влияют на свойства почвы и доступность ресурсов для других организмов, включая микроорганизмы и растения.

Фактически, адаптация, которая, как ожидается, будет характеризовать почвенных инженеров в условиях водно-болотных угодий, должна сделать их важной — хотя в настоящее время мало признанной — частью природного капитала, от которого могли бы извлечь выгоду фермеры, занимающиеся выращиванием сельскохозяйственных культур. Некоторые дождевые черви, например, обладают физиологическими адаптациями, позволяющими им выживать в длительные периоды затопления и бескислородной среде. Эти виды водно-болотных угодий, по-видимому, обеспечивают те же преимущества для сельского хозяйства благодаря своему воздействию на пористость почвы, перемешивание почвы и так далее, что и дождевые черви во многих других средах, хотя в некоторых случаях их обвиняют в создании проблем на рисовых плантациях в первую очередь из-за разрыхления почвы и корней растений.

Разработка почвы этими животными, особенно общественными насекомыми (в основном термитами) и дождевыми червями, создает насыпи, которые возвышаются над уровнем высокой воды, обеспечивая этим организмам и многим другим островки хорошо аэрируемой почвы. Эти природные ландшафты с курганами часто поражают своей регулярностью и пространственной протяженностью. Деятельность почвенных инженеров по насыпанию насыпей может сочетаться с действиями инженеров-людей несколькими способами. Это связано с тем, что для насыпания насыпей требуются организмы, способные проводить биотурбацию с высокой скоростью. Когда они оппортунистически колонизируют поднятые поля, созданные человеком, почвоведы водно-болотных угодий постоянно перемещают большие объемы почвы, как они делают, когда создают свои собственные насыпи. Таким образом, они способствуют благоприятной структуре почвы, разрушая компактные физико-генетические структуры, которые часто доминируют в богатых глиной заболоченных почвах. Кроме того, они перемещают почву из анаэробного состояния в аэробное, тем самым повышая минерализацию. Когда приподнятые поля оставляют под паром, почвоведы могут поддерживать насыпи, снижая возможные затраты на восстановление приподнятых полей в следующем цикле возделывания. Наконец, в частях ландшафта, которые не обрабатываются, почвоведы обеспечивают разнообразие местообитаний как для полуводных, так и для наземных растений (часто в форме кустарников или даже небольших деревьев), увеличивая доступность органического вещества (ОВ), которое может быть применено на полях.

Потенциальные выгоды, которые почвоведы могут принести в водно-болотном земледелии с приподнятыми полями, на данный момент являются спекулятивными, поскольку этот тип земледелия практически исчез.

Дождевые черви влияют на почвообразование двумя основными способами: во-первых, изменяя почвенные профили посредством биотурбации, а во-вторых, влияя на разложение и круговорот питательных веществ. Биотурбация посредством рытья и забрасывания перемещает материал внутри и между почвенными горизонтами, смешивая органические и неорганические фракции; кроме того, она разрушает агрегаты и создает новые, изменяя пористость, аэрацию и проникновение воды. Дождевые черви, питающиеся органическими материалами разного возраста, увеличивают измельчаемость, стимулируя микробную активность и влияя на скорость разложения и круговорот питательных веществ. Кроме того, истирание почвы и перемешивание в посевах и желудках вместе с пищеварительными ферментами и микробной активностью при прохождении через кишечник (“эффект затравки кишечника”) влияют на выветривание минералов и ориентацию глинистых пластинок.

Особая важность дождевых червей для почвообразовательных процессов зависит от экологической категории конкретного червя, которая служит следствием функции дождевого червя в почве. Известны три основные категории (анецидные, эпигейные и эндогейные;), хотя промежуточные категории среди них могут использоваться для видов, которые не совсем соответствуют системе (например, эндоанецидные, эпиэндогейные). Анецидные виды питаются растительным материалом, обычно смешанным с почвой (которую они также поглощают в больших количествах), и строят постоянные норы, как правило, в более вертикальном направлении. Эпигейки живут и питаются поверхностным мусором, редко проглатывая частицы почвы, и производят в основном органические отбросы. Эндогейки - это геофагические виды, которые живут в почве и питаются почвенным ОВ различного качества: поли-, мезо- и олиго-гуминовые виды питаются почвой, богатой С, промежуточной и С-бедной почвой соответственно. Наконец, также разделили дождевых червей на уплотняющие и разлагающие виды в зависимости от их способности изменять структуру почвы, а разделил их на трансформаторов подстилки и инженеров экосистемы.

Следовательно, влияние активного сообщества дождевых червей на свойства почвы, процессы и генезис зависят от конкретных видов, присутствующих в сообществе (видовой состав), обилия видов (численность и биомасса) и периода активности, факторов, определяемых климатом, типами почвы и растительности, а также управлением человеком.

В тропических почвах с низким плодородием, бедных ОМ, таких как некоторые тропические пастбища и саванны, дождевые черви могут достигать высокой биомассы и производить большое количество отбросов (до > 1000 мг га⁻¹), что оказывает серьезное воздействие на структуру почвы и круговорот питательных веществ. Фактически, отбор и перенос более мелких частиц этими животными может влиять на текстуру поверхностного горизонта почвы, изменяя содержание глины и крупного песка в почвенном профиле. К сожалению, обширные районы тропиков, особенно леса, по-прежнему остаются неисследованными и мало изученными с точки зрения дождевых червей, поэтому роль этих организмов в почвообразовании остается малоизученной по сравнению с регионами умеренного климата.

1. ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ Осипов А.В., Попова Ю.С., Суминский И.И. В сборнике: Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сборник докладов XV Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». 2020. С. 291-295.
2. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ И ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В АГРОЦЕНОЗАХ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ Терпелец В.И., Попова Ю.С., Швец Т.В. В книге: Почвоведение - продовольственной и экологической безопасности страны. тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции. Белгород, 2016. С. 125-126.
3. ДЕГРАДАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЧВАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА И МЕТОДЫ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ Власенко В.П., Терпелец В.И., Попова Ю.С., Швец Т.В., Костенко В.В. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 58. С. 79-83.

4. ФОРМЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ СЕРЫ В БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ НИЗКИХ И СРЕДНИХ ГОР СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА Слюсарев В.Н., Швец Т.В., Попова Ю.С. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 62. С. 105-111.
5. МОНИТОРИНГ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В АГРОЦЕНОЗАХ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ Терпелец В.И., Баракина Е.Е., Плитинь Ю.С. В сборнике: Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика. материалы Научно-практической конференции, приуроченной к 80-летию юбилею В.М. Пенчукова. 2013. С. 215-218.
6. ДИНАМИКА ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ПОЧВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА ПРИ ИХ ГИДРОМЕТАМОРФИЗМЕ Осипов А.В., Власенко В.П., Плитинь Ю.С., Бугаевский В.К. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 39. С. 77-80.
7. ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В АГРОЦЕНОЗАХ АЗОВО-КУБАНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ Плитинь Ю.С. диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кубанский государственный аграрный университет. Краснодар, 2014
8. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ЭНЕРГОПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО Попова Ю.С., Швец Т.В. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2016. С. 64.
9. МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ Осипов А.В., Швец Т.В., Попова Ю.С. В сборнике: Эволюция и деградация почвенного покрова. Сборник научных статей по материалам VI Международной научной конференции. Ставрополь, 2022. С. 243-246.
10. ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОЧВ РИСОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ СОВРЕМЕННОЙ ДЕЛЬТЫ КУБАНИ Осипов А.В., Слюсарев В.Н., Попова Ю.С., Суминский И.И. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 87. С. 88-92.

Иванайский Р.Е., Зацаринный А.В.

Биотехнология в сельском хозяйстве: современное состояние и перспективы развития

*Кубанский государственный аграрный университет
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-864

Аннотация

Статья "Биотехнология в сельском хозяйстве" представляет обзор современных разработок и применения биотехнологических методов в сельском хозяйстве. Авторы рассматривают влияние биотехнологии на повышение устойчивости растений к болезням, снижение использования химических удобрений и пестицидов, а также улучшение качества и урожайности сельскохозяйственной продукции. Статья обращает внимание на перспективы развития данной отрасли и ее потенциал для решения глобальных проблем продовольственной безопасности и экологической устойчивости.

Ключевые слова: биотехнология, сельское хозяйство, устойчивость растений, экологическая устойчивость, продовольственная безопасность.

Abstract

The article "Biotechnology in agriculture" provides an overview of the current developments and applications of biotechnological methods in agriculture. The authors consider the impact of biotechnology on increasing plant resistance to diseases, reducing the use of chemical fertilizers and pesticides, as well as improving the quality and yield of agricultural products. The article draws attention to the prospects for the development of this industry and its potential to solve global problems of food security and environmental sustainability.

Keywords: Biotechnology, agriculture, plant resistance, environmental sustainability, food security.

Биотехнология в сельском хозяйстве – это область научных и технических разработок, которая объединяет биологические науки, инженерию и сельское хозяйство. Она направлена на применение современных биологических методов и процессов для повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Биотехнология в сельском хозяйстве является одной из наиболее динамично развивающихся областей в современном сельском хозяйстве. Она объединяет применение различных научных и технических подходов для улучшения эффективности производства пищевых продуктов, устранения проблем, связанных с вредителями и заболеваниями растений и животных, а также разработки новых сортов культур и пород животных с желательными свойствами. Многого можно достичь, не прибегая к экологически вредным продуктам и продуктам [1].

Современное состояние биотехнологии в сельском хозяйстве характеризуется множеством достижений и инноваций, которые значительно влияют на сельскохозяйственное производство. Одной из основных областей развития является генетическая модификация растений. С помощью этой технологии ученые могут изменять генетический материал растений, внедряя новые свойства, такие как устойчивость к болезням и вредителям, улучшенная продуктивность, сопротивляемость к агрессивным условиям окружающей среды и другие желательные черты. Это позволяет сельскохозяйственным производителям получать более устойчивые и продуктивные сорта культур, способные преодолевать ограничения, такие как засухи, почвенная эрозия и воздействие вредителей.

Вместе с тем, биотехнология также находит применение в животноводстве. Современные методы позволяют ученым создавать генетически модифицированных животных с улучшенными характеристиками, такими как повышенная молочность, устойчивость к заболеваниям, более высокое содержание полезных веществ в мясе и молоке. Такие инновации способствуют повышению производительности и эффективности животноводства, а также снижению негативного влияния на окружающую среду.

Другой аспект современной биотехнологии в сельском хозяйстве - использование микроорганизмов в агротехнологиях. Микроорганизмы, такие как бактерии и грибы, играют важную роль в растениеводстве и животноводстве. Они могут быть использованы для борьбы с вредителями и болезнями, повышения питательности почвы, увеличения усвояемости питательных веществ животными и других полезных процессов.

Например, биологические препараты, содержащие полезные микроорганизмы, могут быть применены для биологического контроля вредителей растений. Это позволяет снизить или даже полностью исключить использование химических пестицидов, что является более безопасным для окружающей среды и здоровья людей. Также микроорганизмы могут помочь в борьбе с почвенными болезнями, способствуя росту и развитию растений [2].

В животноводстве микроорганизмы также находят свое применение. Например, пробиотики - это продукты, содержащие живые микроорганизмы, которые способствуют нормализации микрофлоры пищеварительной системы животных. Пробиотики могут повысить усвояемость пищи, улучшить иммунитет и общее здоровье животных, а также снизить вероятность развития заболеваний.

Одной из перспективных областей развития биотехнологии в сельском хозяйстве является так называемая "точная сельскохозяйственная технология" или "прецизионное земледелие". Она основана на использовании передовых технологий сбора и анализа данных, таких как дистанционное зондирование, географические информационные системы и дроны. Эти технологии позволяют более точно определять потребности растений в питательных веществах, воде и защите от вредителей, а также применять удобрения и пестициды в оптимальном количестве.

Современные перспективы развития биотехнологии в сельском хозяйстве включают ряд инновационных подходов и технологий, которые могут существенно изменить и улучшить сельскохозяйственное производство [5,3].

Одной из перспективных областей развития биотехнологии является генетическая модификация растений. Ученые и исследователи постоянно работают над созданием новых сортов растений с улучшенными свойствами, такими как повышенная урожайность, устойчивость к болезням и вредителям, адаптация к экстремальным условиям роста, а также более высокое содержание питательных веществ. Развитие новых методов и технологий

генетической модификации, таких как системы редактирования генов CRISPR/Cas9, предоставляет возможности для более точного и эффективного изменения генетического материала растений, что может привести к созданию более устойчивых и продуктивных сортов культур [4].

Еще одной перспективной областью развития биотехнологии в сельском хозяйстве является использование биологических методов борьбы с вредителями и болезнями растений. Вместо широкого применения химических пестицидов, которые могут быть вредными для окружающей среды и здоровья людей, ученые работают над разработкой биологических препаратов, основанных на использовании полезных микроорганизмов, бактерий и грибов, которые могут контролировать вредителей и предотвращать развитие болезней растений. Такие методы, называемые биологическим контролем, обеспечивают более устойчивое и экологически безопасное сельскохозяйственное производство.

Таким образом, развитие биотехнологий в сельском хозяйстве должно осуществляться с учетом нравственных принципов и лучших практик, что будет способствовать достижению социальной миссии науки.

1. Батурьян, М.А. Альтернативные методы решения экологических проблем в сельскохозяйственном производстве / М.А. Батурьян, Т.А. Нигматуллин // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. Сборник научных статей по итогам II международной научной конференции. – Казань, 2021. С. 23-25.
2. Биотехнологии как инструмент решения вопроса продовольственной безопасности. Издательский дом Сорокиной. URL: <https://sectormedia.ru/news/organicheskoe-zemledelie/biotekhnologii-kak-instrument-resheniya-voprosa-prodovolstvennoy-bezopasnosti/>.
3. Зацаринный, А.В. Уточненная модель сводообразования в сыпучих материалах / А.В. Зацаринный, И.А. Зацаринная // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – Мичуринск: ФГОУ ВПО МичГАУ, 2011. – №1, Ч.1. С. 191-196.
4. Салова Е. В. ОБЪЕКТЫ СОВРЕМЕННЫХ БИОТЕХНОЛОГИЙ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ. КиберЛенинка. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obekty-sovremennyh-biotekhnologiy-v-pischevoy-promyshlennosti-i-selskom-hozyaystve>.

Иванов Д.И., Мосевнин И.В., Рожнова Я.А.

Продуктивность картофеля в зависимости от системы защиты растений

*Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева
(Россия, Саранск)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-865

Аннотация

В статье приводятся результаты исследований урожайности клубней картофеля сорта Гала на черноземе выщелоченном Республики Мордовия в зависимости от системы защиты растений. Не установлено существенной разницы в урожайности товарных клубней картофеля при сравнении биологической и химической системы защиты растений. Однако, химическая система защиты растений имела преимущество перед биологической системой в подавлении развития инфекции на листовом аппарате на 25–40 % и в увеличении урожая ботвы на 83,8 %.

Ключевые слова: картофель, биологическая система защиты, химическая система защиты, урожайность.

Abstract

The article presents the results of studies of the yield of potato tubers of the Gala variety on leached chernozem of the Republic of Mordovia, depending on the plant protection system. There was no significant difference in the yield of commercial potato tubers when comparing the biological and chemical plant protection systems. However, the chemical plant protection system had an advantage

over the biological system in suppressing the development of infection on the leaf apparatus by 25-40% and in increasing the yield of the tops by 83.8%.

Keywords: potatoes, Biological protection system, Chemical protection system, Yield.

В настоящее время в обществе появился запрос на производство экологически чистых, «органических» продуктов, назрела необходимость экологизации земледелия. По данным ВОЗ сегодня в мире лишь 1 ребенок из ста полностью здоров [1], что может быть связано с интенсивной химизацией при производстве и переработки сельскохозяйственной продукции. Современный этап развития сельского хозяйства можно отнести к «постиндустриальному», для которого характерно введение щадящих систем, повсеместное применение ресурсосберегающих технологий, экологизация земледелия [2]. В России органическое земледелие пока не заняло прочные позиции в силу ряда причин; доля органической продукции в продовольственном секторе пока занимает не более 0,1 % [3]. Однако, имеет смысл провести всестороннее исследование производства основных сельскохозяйственных культур в органическом земледелии. Картофель считается в России «вторым хлебом», поэтому производство картофеля является основой продовольственной безопасности [4] и весьма актуально изучение биологизации технологии его возделывания. В условиях Республики Мордовия биологизация защиты картофеля пока малоизучено.

Цель работы – изучить продуктивность картофеля сорта Гала в зависимости от применения биологической и химической систем защиты растений. Исследования проводили в полевом опыте на черноземе выщелоченном в Мордовском НИИСХ – филиале ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2023 г. Плодородие пахотного слоя почвы характеризовалось следующими агрохимическими показателями: содержание органического вещества – 6,6 %, фосфора и калия по Кирсанову – 220 и 198 млн-1, меди – 3,8 млн-1, марганца – 33 млн-1, молибдена – 0,35 млн-1, рН – 5,0, степень насыщенности основаниями – 82,0 %.

Полевой опыт – однофакторный в четырехкратной повторности. Схема опыта включала следующие варианты: 1) биологическая система защиты; 2) химическая система защиты. Способ размещения организованных повторений – сплошной в 1 ярус. Размещение вариантов опыта – систематическое. Делянки с химической системой защиты чередовались с делянками с биологической. Общая площадь делянки составляла – 30 м² (6×5 м), учетная площадь – 12,6 м² (3×4,2 м). Посадку картофеля осуществляли 17.05.23 вручную, в предварительно нарезанные гребни, схема посадки 75×40 см. Вегетационный период характеризовался избыточным увлажнением, ГТК за июнь составил 1,68, июль – 1,64, август – 0,76, что благоприятно для возникновения эпифитотий.

На варианте с биологической системой защиты растений применяли биофунгициды и инсектициды, разрешенные для органического земледелия, в целях минимализации резистентности вредных организмов обработки чередовали препаратами разных групп: 27.06.23 – Хом (25 г/(5 л×100 м²)), 17.07.23 – Гамаир (10 табл./((10л×100 м²)) + Фитоверм, КЭ (5 мл/(5 л×100 м²)), 04.08.23 – Гамаир (10 табл./((10л×100 м²)) + Лепидоцид, СК (15 мл/(5 л×100 м²)). На варианте с системой химической защиты осуществляли следующие обработки инсектицидами и фунгицидами: обработка клубней – перед посадкой 17.05.23 инсектофунгицидом Престиж, КС (20 мл/(0,2л×20 кг клубней)), 27.06.23 – Ридомил Голд МЦ Профи (25 г/(10 л×100 м²)), 17.07.23 – Раек, КЭ (5 мл/(5 л×100 м²)) + Актара, ВСК (0,6 г/(4л×100 м²)), 04.08.23 – Балий (12,5 мл/(5 л×100 м²)) + Кораген (1 мл/(5 л×100 м²)). Уборку урожая осуществляли 25.08.23 сплошным методом с учетной части делянки. Результаты учета урожая представлены на рисунке 1.

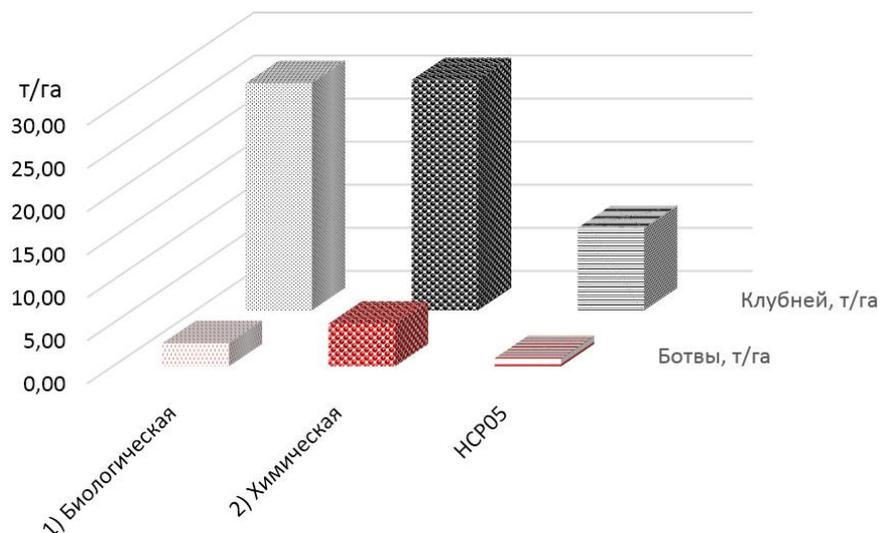


Рисунок 1. Урожайность картофеля в зависимости от системы защиты растений

Урожайность клубней изменялась с 26,4 т/га на биологической системе защиты до 26,7 т/га на варианте с системой химической защиты, различие являлось несущественным. Однако, урожайность ботвы к моменту уборки на варианте химической защиты была на 2,25 т/га, или, на 83,8 % больше, чем на биологической. Это можно объяснить большей эффективностью химической системы защиты в подавлении развития фитофторозно-альтернариозного комплекса болезней на листьях картофеля. В результате растения на варианте с химической системой защиты до конца уборки сохраняли большую физиологическую активность (рисунок 2).



А



Б

А – биологическая; Б – химическая

Рисунок 2. Сравнительное фото кустов картофеля в рядах на биологической и химической системе защиты

Повреждение листового аппарата на варианте с химической защитой составляло 25–30 %, а на варианте с биологической – 50–70 % от площади листовой поверхности.

Стоит отметить, что система биологической защиты картофеля от болезней была построена на основе использования бактерий *Bacillus subtilis* (препарат Гамаир), высокая эффективность которых была доказана в лабораторных исследованиях Ориной А. С. с соавторами [5]. Из химических препаратов также были использованы наиболее эффективно действующие, содержащие в составе дифеноконазол (раек, балий). В полевых исследованиях, проведенных Пусенковой Л. И. с соавторами [6] в КФХ «Агли» в Республике Башкортостан и на опытном поле ВНИИКХ Московской области в 2008–2009 гг., была установлена большая эффективность биофунгицида на основе *Bacillus subtilis* (Фитоспорин-М) в увеличении продуктивности, улучшении структуры урожая картофеля и снижении пораженности комплексом заболеваний (ризоктониозом, альтернариозом, сухой фузариозной гнилью). Причем, действие биопрепаратов было не менее эффективно, чем химических (Ридомил голд

МЦ, Пеннкоцеб). По данным Зейрук В. Н. с соавторами [7], в годы с умеренным развитием альтернариоза химические и биологические препараты действуют достаточно эффективно. Однако, в эпифитотийные годы эффективность биопрепаратов снижается по отношению к химическим. Удаловой Е. Ю. [8] получены сходные данные в условиях северо-востока Нечерноземной зоны РФ – в неблагоприятных погодных условиях при сильном развитии болезней трехкратная обработка биопрепаратами на основе *Bacillus subtilis* (фитоспорин) не оказала существенного влияния на формирование урожая картофеля. Тогда как комплексное применение химических средств защиты растений способствовало повышению продуктивности картофеля на 27,2 % по отношению к контролю.

Таким образом, несмотря на одинаковую продуктивность товарных клубней (по размеру) картофеля, химическая система защиты растений имела преимущество перед биологической системой в подавлении развития инфекции на листовом аппарате в избыточно влажный год.

1. Aurora Dawn Meadows, Sydney A. Swanson, Thomas M. Galligan, Olga V. Naidenko, Nathaniel O'Connell, Sean Perrone-Gray, Nneka S. Leiba. Packaged Foods Labeled as Organic Have a More Healthful Profile Than Their Conventional Counterparts, According to Analysis of Products Sold in the U. S. in 2019–2020 // *Nutrients* 2021, 13 (9), 3020; URL: <https://doi.org/10.3390/nu13093020>.
2. Мальцева В. А. Становление и развитие аграрного сектора мировой экономики // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 87. С. 556–574.
3. Рябцева Н.А., Калинина Л.В. Перспективы развития органического земледелия в Российской Федерации // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. Сборник VI Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием. Новосибирск, 2021. С. 180-183.
4. Попов Д. Ю. Развитие картофелеводства в системе повышения продовольственной безопасности страны / Д. Ю. Попов // Современные организационно-экономические проблемы развития АПК. Материалы научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня создания кафедры организации производства и предпринимательской деятельности в АПК. Научная редакция К.С. Терновых. 2015. С. 142-145.
5. Орина А. С. Фунгицидная активность химических и биологических препаратов в отношении возбудителей альтернариоза картофеля / А. С. Орина, А. В. Хютги, А. М. Шпанев // *Агрохимия*. – 2022. – № 10. – С. 47-54. – DOI 10.31857/S0002188122100076.
6. Биопрепараты для защиты картофеля от болезней / Л. И. Пусенкова, В. М. Глез, В. Н. Зейрук [и др.] // *Защита и карантин растений*. – 2010. – № 10. – С. 26-28.
7. Эффективность биологической и химической систем защиты картофеля / В. Н. Зейрук, Г. Л. Белов, М. К. Деревягина, С. В. Васильева // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур : Материалы докладов участников 11-ой научно-практической конференции, Анапа, 06–10 сентября 2021 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, ООО "Плодородие", 2021. – С. 75-77.
8. Удалова Е. Ю. Влияние биологических и химических средств защиты на урожайность картофеля в условиях Северо - Востока Нечерноземной зоны Российской Федерации / Е. Ю. Удалова // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*. – 2018. – № 20. – С. 83-86.

Колесниченко Т.В.

Проблемы возникновения водной эрозии почвы на территории Краснодарского края.

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

doi: 10.18411/trnio-12-2023-866

Аннотация

В данной статье описываются все виды возникновения водной эрозии почвы на территории Краснодарского края. Говорится о проблемах, и вреде который приносит водная эрозия, а так же описываются агро приемы способствующие подавлению ее.

Ключевые слова: эрозия, деградация, почва, вода, вспашка, антропогенные факторы.

Abstract

This article describes the results of all types of water erosion of land in the Krasnodar Territory. It talks about the problems and harm that water erosion causes, as well as the consequences of agricultural practices that help suppress it.

Keywords: erosion, degradation, soil, water, plowing, anthropogenic factors.

В современном периоде задача использования земельных ресурсов, их сохранение и улучшение плодородия являются приоритетными для развития сельского хозяйства. Одной из фундаментальных проблем нашего времени является защита почв от эрозии и создание высокопродуктивных агроэкосистем. Решение этой проблемы имеет большое значение для общества в целом.

Эрозия почвы бывает нормальной и ускоренной. Нормальная эрозия является результатом естественного процесса, при котором механические частицы песчаного слоя медленно смываются с поверхности земли, покрытой растительностью. Этот процесс восстанавливается благодаря природным почвообразующим факторам.

Ускоренная эрозия, в свою очередь, характеризуется значительным смывом верхних, наиболее плодородных почвенных слоев и размывом материнских и коренных пород, что приводит к образованию борозд и оврагов. Выделяют несколько видов водной эрозии в зависимости от ее интенсивности: плоскостная, поверхностная, линейная и овражная. Например, при плоскостной эрозии талые и дождевые воды, стекающие по склону, образуют мелкие струйчатые размывы, которые легко устраняются путем обработки земли. Однако это приводит к уменьшению пахотного слоя, поэтому необходимо последующее припахивание грунта для его восстановления.

Линейная эрозия развивается под воздействием сильных стоков воды и проявляется в глубоких размывах, промоинах и оврагах. С течением времени склоны оврага обваливаются, становятся пологими и начинают зарастать растительностью. Водная эрозия оказывает серьезный вред сельскому хозяйству: снижается плодородие почв, уменьшается площадь пашни, повреждаются посевы, затрудняется обработка земли, разрушаются дороги. В результате поверхностной эрозии формируются смытые почвы различной степени.

Развитию водной эрозии способствуют как природные, так и антропогенные факторы. Климат играет важную роль, в том числе мощность снежного покрова, глубина промерзания почвы, количество осадков и их интенсивность. Рельеф местности также оказывает влияние на эрозию: расчлененность, базис, форма водосборов, крутизна и длина склонов. Свойства почв, такие как гранулометрический состав, структура, водопроницаемость и влагоемкость, также имеют значение. Часто наличие естественной растительности связывают с уменьшением проявления эрозии.

Но главной причиной развития эрозии остается нерациональная хозяйственная деятельность. Важные антропогенные факторы включают уплотнение почвы, сокращение растительного покрова, деградацию пастбищ, ухудшение структуры почвы и недостаточную защиту поверхности растительными остатками.

Эрозия почвы приводит к отрыву и переносу частиц из структуры почвы или подстилающей породы в взвешенном состоянии. Водная эрозия может проявляться в виде смыва, размыва, подземной эрозии, ирригационной эрозии и волновой эрозии. Например, поверхностный смыв почвы происходит под воздействием потока воды, энергия которого превышает силу сцепления почвенных агрегатов, что приводит к разрушению верхнего плодородного слоя земли. Капельная эрозия возникает при интенсивных дождях, капли которых разрушают агрегаты почвы и разбрасывают их.

После особенно дождливой осени, когда талая вода постоянно набирает силу, или после ранних весенних дождей, наблюдается опасное явление – смыв почвы. Это происходит из-за того, что толщиной 5-7 см смывается верхний слой почвы, оголяя корневую систему растений и приводя к их гибели.

Еще одним распространенным видом смыва почвы является струйчатый размыв, который возникает при пересечении различных препятствий на пути стока воды. Этот процесс приводит к расщеплению стока на стремительные потоки и ручейки еще на ранней стадии развития.

Следующий вид смыва почвы, бороздково-струйчатый размыв, образуется в следствие использования механизированных средств на земле. Сток воды собирается в небольшие потоки и ручейки по дну бороздок или выше находящихся наклонных гребней, образуя прямолинейные следы.

Поверхностно-струйчатый размыв возникает в результате ежегодного перемещения струйчатого размыва по поверхности склона во множестве мест.

Наука и практика разработали комплекс противоэрозионных мер, направленных на предотвращение эрозии и восстановление плодородия склоновых земель. Среди этих мер особенной важностью обладают агротехнические приемы, так как они действуют быстро и не требуют дополнительных затрат. Одной из основных задач правильной агротехнической обработки почвы является задержание осадков там, где они выпадают, и перенос поверхностных стоков в глубинные слои почвы. Это достигается безотвальной мульчирующей обработкой верхнего слоя почвы, созданием растительных и жатвенных остатков, а также глубоким осенним вспашкой почвы. В зависимости от назначения и характера воздействия, агротехнические противоэрозионные приемы можно разделить на четыре группы.

Первая группа приемов направлена на улучшение водно-физических свойств почвы и повышение ее проницаемости для воды, включая углубление пахотного слоя, окультуривание, искусственное оструктуривание почвы, щелевание и кротование.

Вторая группа приемов направлена на задержание поверхностной воды и включает контурную и поперечную вспашку зяби, а также создание искусственного микрорельефа, такого как прерывистое бороздование, обвалование, микролиманы и лункование.

Третья группа приемов обеспечивает высокую противоэрозионную устойчивость почвы и включает поверхностные обработки, плоскорезную обработку и мульчирование поверхности почвы.

Четвертая группа приемов регулирует снеготаяние и включает такие меры, как снегозадержание, уплотнение и разрыхление снега.

Для разработки комплекса противоэрозионных мер необходимо знать количественное влияние каждого приема. Большое значение придается оценке роли агротехнических приемов в регулировании стока и предотвращении эрозии, так как они являются наиболее эффективными и не требуют больших затрат.

Многочисленные исследования показали высокую эффективность глубокой вспашки зяби на глубину 27-35 см. Например, вспашка зяби на глубину 20-22 см с почвоуглублением до 37 см сокращает сток воды с 97 до 23 мм, а безотвальное рыхление на глубину 35-40 см – до 36 мм.

Также эффективными приемами борьбы с эрозией почвы являются обработка и посев по склону, которые способствуют задержанию влаги и уменьшению смыва почвы. Известно, что при поперечной обработке почв на склонах урожай сельскохозяйственных культур может повыситься на 5-20%, а смыв почвы может уменьшиться.

В целом, предотвращение и борьба с водной эрозией являются важными задачами для сельского хозяйства. Необходимы комплексные меры, чтобы сохранять плодородие почв и обеспечить стабильность развития сельскохозяйственного сектора.

Щелевание стало одним из наиболее широко распространенных методов возделывания почвы в последнее время. Для создания щелей в почве используются специальные ножи различной конструкции, которые устанавливаются на обычные плуги. Сформировавшиеся щели затем заполняются торфом или соломой, что значительно повышает либо увеличивает их способность впитывать воду, а также уменьшает вероятность их замерзания в зимний период и пересыхания в летний.

Глубокое рыхление почвы позволяет устранить плужную подошву, которая является барьером для проникновения корневой системы растений в глубокие слои почвы, а также затрудняет поступление влаги в пахотный горизонт. Рыхление подпахотного горизонта имеет положительное влияние на улучшение воздушного, водного и теплового режимов почвы, стимулирует биологические процессы, способствует накоплению влаги и предотвращает ветровую и водную эрозию.

Глубокое рыхление почвы проводится с использованием различных агрегатов, включая чизельные плуги, плуги общего назначения с безотвальными корпусами, а также комбинированные глубокорыхлители.

Внедрение комплекса мер по борьбе с водной эрозией дает отличные результаты и обеспечивает сохранность почвы на долгие годы. Только своевременное выполнение противоэрозионных мероприятий способно сдерживать рост водной эрозии и поддерживать плодородие сельскохозяйственных земель на территории Краснодарского края.

1. Осипов А.В., Колесниченко Т.В., Дмитриенко О.В. Виды эрозии почв и методы борьбы с ней в Краснодарском крае // Тенденции развития науки и образования. - 2021. - № 80-7. - С. 139-142.
2. Основы технологии сельскохозяйственного производства. Земледелие и растениеводство. Под ред. В.С. Никляева. — М.: «Былина», 2000. — 555 с.
3. Окорков В.В. Физико-химическая природа устойчивости почвенной структуры серых лесных почв Владимирского ополья // Почвоведение, № 11, 2003. – С. 1346-1353.
4. Вавилов, П.П. Растениеводство / Вавилов, П.П. и. - М.: Колос; Издание 2-е, перераб. и доп., 2019. - 432 с.

Кузьмин А.В.

Использование полиэтиленовых рукавов для хранения зерна

*Поволжский государственный технологический университет
(Россия, Йошкар-Ола)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-867

Аннотация

Использование полиэтиленовых рукавов для хранения зерна является одним из перспективных и экономически выгодных методов хранения. Этот метод позволяет сохранить качество зерна, снизить затраты на хранение и обеспечить экологическую безопасность. Полиэтиленовые рукава представляют собой гибкие контейнеры, изготовленные из плотного полиэтилена. Они имеют различные размеры и вместимость, что позволяет подобрать наиболее подходящий вариант для конкретного объема зерна.

Ключевые слова: полиэтиленовые рукава, уборка зерна, комбайн, бункер-перегрузчик, грузовой транспорт, производительность.

Abstract

The use of polyethylene hoses for grain storage is one of the promising and cost-effective storage methods. This method allows you to preserve the quality of grain, reduce storage costs and ensure environmental safety. Polyethylene hoses are flexible containers made of dense polyethylene. They have different sizes and capacities, which allows you to choose the most suitable option for a specific volume of grain.

Keywords: polyethylene hoses, grain harvesting, combine harvester, hopper loader, cargo transport, productivity.

Недостаточная обеспеченность зерновой отрасли элеваторами и быстровозводимыми хранилищами, их практическое отсутствие в сельскохозяйственных предприятиях является тормозом в расширении производства зерна. Объем мощностей для хранения зерна по данным Минсельхоза РФ отстает от валового сбора зерна практически во всех регионах России. В практике хранения зерна в основном используют 4 вида зернохранилищ: железобетонные

элеваторы (монолитные или сборные), металлические силосы, склады и полиэтиленовые рукава. Одним из вариантов временного хранения зерна является применение герметичных пластиковых рукавов. В полимерных рукавах консервируют товарное и фуражное зерно, а также корма, сенаж, силос из кукурузы, свекловичный жом и плющенное зерно с повышенной влажностью. [1]

Процесс хранения зерна в полиэтиленовых рукавах включает в себя несколько этапов:

- Подготовка зерна: перед упаковкой зерна в рукава оно должно быть очищено от примесей, отсортировано по качеству и влажности.
- Загрузка зерна: зерно загружается в рукав с помощью специальной техники, которая обеспечивает равномерное распределение зерна по всему объему рукава.
- Запайка рукава: после загрузки зерна рукав герметично запаивается, что обеспечивает защиту зерна от влаги, вредителей и других негативных факторов окружающей среды.
- Хранение: рукава с зерном размещаются на специально подготовленных площадках или в хранилищах, где обеспечивается их сохранность и защита от внешних воздействий.

Обычный полиэтиленовый рукав состоит из трехслойного полиэтилена общей толщиной 225/240/250/270 микрон. Внешняя часть рукава – белая для того, чтобы отражать солнечный свет. Внутренняя его часть, наоборот, черная, чтобы поглощать солнечный свет. Типичный мешок (рукав) для хранения зерна имеет диаметр около 3-х метров и длиной около 60 метров. Такой рукав может хранить в себе около 200 тонн пшеницы, кукурузы или сои. При необходимости, в нем можно хранить и меньшие объемы (достаточно просто не использовать часть рукава). Если полиэтиленовый мешок или рукав хорошо запакован, он водонепроницаемый и имеет высокий уровень газонепроницаемости для CO₂ и O₂. Процесс хранения зерна в рукаве обеспечивается высоким уровнем углекислого газа внутри. Это делает хранение зерна безопасным от насекомых и грибков. Любые порезы рукава дадут доступ кислороду, который нарушит внутренний баланс.

Грунт под рукавом для хранения зерна должен быть достаточно ровным, чтобы в нём не аккумулировалась дождевая или талая вода. Также, на грунте не должно быть острых предметов, которые могут повредить рукав: торчащая солома, острые камни или ветви деревьев. Любые порезы нарушат герметичность рукава. В этом случае в рукав могут попасть воздух, влага и насекомые. Кроме того, просыпавшееся зерно будет источать запах и привлекать грызунов. [2]

Для хранения зерна в рукавах используются специальные машины, которые загружают (беггер) и разгружают (экстрактор) рукава зерном. Зерноупаковочная машина (Бэггер) работает от вала отбора мощности трактора. Один конец рукава надевается на тоннель бэггера, а второй закрывается при помощи специального замка, либо шнура. Трактор, работающий на холостом ходу, приводит в движение механизм бэггера, который плотно набивает в рукав зерно, засыпаемое в его бункер. Трактор с бэггером под давлением зерна продвигаются вперед, натяжение рукава регулируется тормозами бэггера. После завершения заполнения рукава, его конец, закрепленный на тоннеле бэггера, снимается и закрывается.

Подача зерна в бэггер может осуществляться при помощи прицепных бункеров-перегрузчиков, любым зернопогрузчиком из бурта, пневмопогрузчиком из кузова автомобиля. С целью доставки зерна к месту загрузки в рукава применяют прицепы-перегрузчики. Он представляет собой механизм по накоплению готовой к упаковке продукции, последующей его транспортировке к месту наполнения полиэтиленовых рукавов. Технические требования к таким механизмам аналогичны требованиям, предъявляемым к универсальным машинам по погрузке-выгрузке сельхозпродукции. Особенности такой техники являются характеристики емкости прицепов-перегрузчиков. Прицеп-перегрузчик имеет шнековый механизм для выгрузки продукции. Внутри приемного бункера установлены шнеки (передний и задний), которые приводятся в действие с помощью системы ВОМ трактора. Экстрактор предназначен

для разгрузки полимерных рукавов. Принцип работы заключается в выемке зерна из мешка, с одновременным разрезанием мешка ножом и наматыванием его на вал. Экстрактор работает от ВОМа трактора. [3]

Основная задача хранения зерна в рукавах — это отсрочка времени от момента сбора урожая, когда зерно дешевое, до момента, когда его рыночная цена поднимется до более высокого уровня. По сравнению с строительством металлических силосов хранения зерна, стоимость организации хранения в рукавах ощутимо меньше. Помимо самих полиэтиленовых рукавов, необходимы только машины для загрузки и разгрузки зерна. Отсутствуют транспортные затраты на доставку зерна для сушки на элеватор.

Преимущества использования полиэтиленовых рукавов для хранения зерна:

- Экономия пространства: благодаря своей гибкости и компактности, полиэтиленовые рукава занимают меньше места, чем традиционные зернохранилища, что позволяет экономить площадь и снизить затраты на строительство новых складов.
- Экологическая безопасность: полиэтиленовые рукава являются полностью перерабатываемыми и не наносят вреда окружающей среде при утилизации.
- Защита от внешних факторов: полиэтиленовые рукава обеспечивают надежную защиту зерна от вредителей, влаги и других негативных воздействий.
- Экономическая выгода: использование полиэтиленовых рукавов позволяет снизить затраты на отопление и вентиляцию зернохранилищ, а также сократить время на проведение погрузочно-разгрузочных работ.

Использование полиэтиленовых рукавов для хранения зерна представляет собой перспективный и эффективный метод сохранения качества зерна, обеспечивающий экономическую выгоду и экологическую безопасность для производителей и потребителей.

В современных условиях более тщательного контроля расходов, все больше фермерских хозяйств используют технологию хранения зерна в полиэтиленовых рукавах. Высокая надежность в соотношении с низкой стоимостью начальных инвестиций являются решающими факторами при выборе этого способа хранения. Использование полиэтиленовых рукавов – один из самых дешевых и эффективных способов хранения зерна. При использовании рукавов зерно хранится в темном, герметичном, лишенном кислорода и вредителей пространстве. Возможность хранить зерно с высокой влажностью позволяет приступить к ранней уборке более влажного зерна, что помогает более эффективно использовать имеющуюся технику сельхозпроизводителями.

1. Распоряжение Правительства РФ от 10 августа 2019 года N 1796-р «Об утверждении Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года»
2. Площенье зерна — Режим доступа: <http://zilmogilev.by/2019/09/11/pljushhenie-zerna/> – (дата обращения 22.10.2023)
3. Боярский, Л.Г. Технологии кормов и полноценное кормление сельскохозяйственных животных. – Ростов-на-Дону, Феникс, 2001.

Попова Ю.С., Дрокина А.С.

Бонитировка почв Краснодарского края

*Кубанский Государственный Аграрный Университет имени И.Т Трубилина
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-868

Аннотация

Статья посвящена бонитировке почв в Краснодарском крае с целью определения их качественных характеристик и пригодности для сельскохозяйственного использования. В

работе используются современные методы исследования почвенных свойств, а также анализ данных о климате и рельефе региона. Результаты бонитировки предоставляют информацию о плодородии почв, поддерживая рациональное землепользование и оптимизацию агротехнических практик в условиях Краснодарского края.

Ключевые слова: бонитировка, почва, индекс, Краснодарский край, плодородие, типы почв.

Abstract

The article focuses on soil assessment (soil bonitation) in the Krasnodar Krai, aiming to determine their qualitative characteristics and suitability for agricultural use. Modern methods of soil property analysis, along with data on climate and topography of the region, are employed in the study. The bonitation results provide information on soil fertility, supporting rational land use and optimizing agricultural practices in the conditions of the Krasnodar Krai.

Keywords: grading, soil, index, Krasnodar region, fertility, soil types.

Введение

Бонитировка почв — это комплексная оценка плодородия и сельскохозяйственной ценности почв, основанная на изучении их природных и антропогенных свойств. Цель бонитировки почв - определить потенциал и ограничения почв для различных видов растениеводства и животноводства, а также разработать рекомендации по рациональному использованию и охране почвенного покрова. Задачи бонитировки почв включают изучение и классификацию почв, определение их продуктивности, устойчивости и экологической безопасности, а также сравнение почв разных территорий. Методы и критерии оценки почв зависят от целей и уровня бонитировки, но обычно включают анализ морфологических, физико-химических, биологических, агрохимических и экологических показателей почв. Краснодарский край - один из самых плодородных и разнообразных по почвам регионов России, который занимает южную часть Русской равнины и Северный Кавказ. Краснодарский край характеризуется разнообразным климатом, рельефом, гидрологией и растительностью, что определяет широкий спектр типов и подтипов почв.

Основная часть

Краснодарский край, расположенный в Южной России, имеет континентальный климат с мягкой зимой и жарким летом. Средняя температура зимой составляет около -5°C , а летом она может достигать 30°C и более. Климат в Краснодарском крае отличается высокой солнечностью, когда количество солнечных часов за год превышает 2000. Поэтому почвы Краснодарского края распределены по четырем зонам: степной, лесостепной, горной и прибрежной. В каждой зоне выделяются разные районы по типам почв. В степной зоне преобладают черноземы разной степени выщелачивания, в лесостепной - лугово-лесные и лесные почвы на лессах и лессовидных суглинках, в горной - горнолесные и горно-луговые почвы на сланцах, известняках, песчаниках и вулканитах, в прибрежной - солонцеватые, солончаковые, марганцевые и аллювиальные почвы на морских отложениях. Почвы Краснодарского края образовались под влиянием разных факторов почвообразования: климата, растительности, рельефа, материнской породы и человеческой деятельности. Особенности генезиса, морфологии, физико-химических и биологических свойств почв определяют их плодородие и продуктивность. В целом, климат и почвенные условия Краснодарского края способствуют развитию сельского хозяйства и поэтому это один из ведущих регионов в России по сельскохозяйственному производству.

Бонитировка почв Краснодарского края на основе почвенно-экологических индексов по И.И. Карманову, учет климатических, рельефных, гидрологических и антропогенных факторов, примеры расчетов баллов для разных типов почв.

Почвенно-экологические индексы по И.И. Карманову — это система оценки почв по их пригодности для разных видов сельскохозяйственной деятельности на основе анализа их свойств и факторов среды. Для каждого типа почвы определяются следующие индексы:

Индекс плодородия (ИП) - отражает общий уровень плодородия почвы по содержанию органического вещества, азота, фосфора, калия и других элементов.

Индекс экологии (ИЭ) - отражает степень соответствия почвы оптимальным условиям для роста растений по кислотности, солёности, структуре, аэрации и другим параметрам.

Индекс эрозионной устойчивости (ИЭУ) - отражает степень защищенности почвы от водной и ветровой эрозии по склону, растительному покрову, эрозионной форме рельефа и другим факторам, влияющим на эрозионный процесс.

Индекс агроклиматический (ИАК) - отражает степень соответствия климатических условий потребностям растений по температуре, осадкам, влажности, солнечному свету и другим параметрам.

Индекс агрогидрологический (ИАГ) - отражает степень соответствия гидрологических условий потребностям растений по уровню грунтовых вод, стоку поверхностных вод, дренажу и орошению.

Индекс агрохимический (ИАХ) - отражает степень соответствия химического состава почвы и воды потребностям растений по макро- и микроэлементам, токсичным веществам, солевому режиму и другим параметрам.

Индекс агробиологический (ИАБ) - отражает степень соответствия биологического состояния почвы и воды потребностям растений по микрофлоре, микрофауне, болезням, вредителям и другим параметрам.

Учет климатических, рельефных, гидрологических и антропогенных факторов производится на основе специальных таблиц и карт, в которых для каждого фактора присваивается определенное количество баллов в зависимости от его влияния на почву. Например, для климатического фактора учитываются средняя температура воздуха, количество осадков, продолжительность безморозного периода и другие показатели. Для рельефного фактора учитываются высота над уровнем моря, уклон склона, экспозиция склона и другие показатели. Для гидрологического фактора учитываются уровень грунтовых вод, сток поверхностных вод, дренаж и орошение. Для антропогенного фактора учитываются степень обработки почвы, применение удобрений и пестицидов, загрязнение почвы и воды.

Анализ результатов бонитировки почв Краснодарского края, сравнение с другими регионами России и мира, выявление проблем и перспектив повышения плодородия и сельскохозяйственного использования почв. Результаты бонитировки почв Краснодарского края показывают, что почвы этого региона имеют высокий уровень плодородия и пригодности для разных видов сельскохозяйственной деятельности. По сравнению с другими регионами России и мира, почвы Краснодарского края отличаются большим разнообразием, высоким содержанием органического вещества, благоприятным химическим и физическим составом, умеренным климатом и достаточным водным режимом. Однако, почвы Краснодарского края также сталкиваются с рядом проблем, которые угрожают их плодородию и продуктивности. Среди этих проблем можно выделить эрозию почв, загрязнение почв и воды, солонцеватость и засоление почв, дегумификацию и деструктуризацию почв, снижение биологической активности почв, недостаточное применение удобрений и пестицидов, несоответствие структуры посевов потребностям почв и растений. Бонитировка почв Краснодарского края требует дальнейшего развития и совершенствования, учитывая динамику изменения почв и среды, разнообразие сельскохозяйственных культур и технологий, потребности рынка и общества.

Для решения этих проблем и повышения плодородия и сельскохозяйственного использования почв Краснодарского края необходимо проводить комплекс мероприятий, включающих охрану и рациональное использование почв, применение адаптивных систем земледелия, внедрение инновационных технологий и сортов растений, повышение квалификации и экологической культуры аграриев.

Заключение

Бонитировка почв Краснодарского края — это важный инструмент для оценки плодородия и пригодности почв для разных видов сельскохозяйственной деятельности. Почвы

Краснодарского края имеют высокий уровень плодородия и пригодности для разных видов сельскохозяйственной деятельности, но также сталкиваются с рядом проблем, которые угрожают их плодородию и продуктивности. Для решения этих проблем и повышения плодородия и сельскохозяйственного использования почв Краснодарского края необходимо проводить комплекс мероприятий, включающих охрану и рациональное использование почв, применение адаптивных систем земледелия, внедрение инновационных технологий и сортов растений, повышение квалификации и экологической культуры аграриев.

1. ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ Осипов А.В., Попова Ю.С., Суминский И.И. В сборнике: Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сборник докладов XV Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». 2020. С. 291-295.
2. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ И ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В АГРОЦЕНОЗАХ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ Терпелец В.И., Попова Ю.С., Швец Т.В. В книге: Почвоведение - продовольственной и экологической безопасности страны. тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции. Белгород, 2016. С. 125-126.
3. ДЕГРАДАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЧВАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА И МЕТОДЫ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ Власенко В.П., Терпелец В.И., Попова Ю.С., Швец Т.В., Костенко В.В. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 58. С. 79-83.
4. ФОРМЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ СЕРЫ В БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ НИЗКИХ И СРЕДНИХ ГОР СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА Слюсарев В.Н., Швец Т.В., Попова Ю.С. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 62. С. 105-111.
5. МОНИТОРИНГ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В АГРОЦЕНОЗАХ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ Терпелец В.И., Баракина Е.Е., Плитинь Ю.С. В сборнике: Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика. материалы Научно-практической конференции, приуроченной к 80-летию юбилею В.М. Пенчукова. 2013. С. 215-218.
6. ДИНАМИКА ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ПОЧВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА ПРИ ИХ ГИДРОМЕТАМОРФИЗМЕ Осипов А.В., Власенко В.П., Плитинь Ю.С., Бугаевский В.К. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 39. С. 77-80.

РАЗДЕЛ XXXIV. ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Кривых М.И., Павлова Я.С.

Анализ технологии производства глазированных сырков в молочном шоколаде с добавлением мармелада желейного

Уральский аграрный государственный университет
(Россия, Екатеринбург)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-869

Аннотация

Творог и изделия из него - ценные пищевые продукты имеют огромное значение в питании человека, поскольку помимо вкусовых качеств, которыми они славятся, творог и творожные изделия обладают множеством целебных свойств для организма. Творог - незаменимый продукт для здорового и полноценного питания. Полезные свойства творога обусловлены технологией его приготовления. Многие дети и даже взрослые, вместо творога, отдают предпочтения творожным изделиям (глазированные сырки, творожные массы, торты и т.п.), которые наравне с творогом обладают полезными свойствами. Статья посвящена изучению вопросов производства сырков, основываясь на знаниях, полученных с производственной практики.

Ключевые слова: сырок глазированный, творожная масса, кондитерское изделие, мармелад, технология.

Abstract

Cottage cheese and products made from it - valuable food products are of great importance in human nutrition, because in addition to the taste qualities for which they are famous, cottage cheese and cottage cheese products have many healing properties for the body. Cottage cheese is an indispensable product for a healthy and nutritious diet. The beneficial properties of cottage cheese are due to the technology of its preparation. Many children and even adults, instead of cottage cheese, prefer cottage cheese products (glazed cheeses, curds, cakes, etc.), which, along with cottage cheese, have useful properties. The article is devoted to the study of the issues of cheese production, based on the knowledge gained from production practice.

Keywords: glazed cheese, curd mass, confectionery, marmalade, technology.

Глазированные сырки появились в Советском Союзе в 30-х годах XX века. Их массовое производство началось в 50-х годах, а пик приходится на 70-80-е годы. Эти маленькие творожные батончики, покрытые шоколадом, очень быстро завоевали популярность в советском союзе. В настоящее время наблюдается спад продаж данной продукции, но также наблюдается и её большое вкусовое разнообразие.

Классификация сырков творожных глазированных предусматривает несколько признаков: форма; вид и способ внесения пищевых продуктов или пищевых добавок; вид глазури; температурный режим хранения и реализации (охлажденный или замороженный); обогащение витаминами [1].

Согласно ГОСТу сырки производят из формованной творожной массы, полученной из подпрессованного творога, покрытого глазурью из пищевых продуктов, массой не более 75 г.

Производство творожной массы должно осуществляться без термической обработки и добавления стабилизаторов консистенции и консервантов.

Согласно ГОСТ - творог, который подвергнут подпрессовке до определенной массовой доли влаги называется «подпрессованный» [3].

По органолептическим характеристикам творожный продукт должен соответствовать требованиям:

Глазированные сырки могут иметь различную форму (цилиндрическую, прямоугольную, шарообразную, овальную и др.), поверхность продукта должна быть равномерна, покрыта глазурью. На основании продукта допускается незначительные просвечивания творожной массы. Поверхность глазури должна быть гладкая, блестящая или матовая, не липнущая к упаковочному материалу. Для замороженного продукта после дефростации допускается незначительное количество капелек влаги.

По органолептическим показателям вкуса и запаха для творожной массы – чистый, кисломолочный, с выраженным вкусом и ароматом, сладкий и запахом соответственным вносимых наполнителей, пищевых добавок. Для глазури не допускаются посторонние запахи, а только соответствующие данному продукту или ароматизаторам.

Консистенция продукта должна отличаться нежностью, однородностью, плотностью, глазурь – плотная, пластичная, однородная, не крошащаяся.

Цвет творожной массы — белый, белый с кремовым оттенком или обусловленный цветом внесенных мелкодисперсных пищевых продуктов и/или пищевых добавок (какао, красителей и др.). витаминов; для глазури — в зависимости от вида используемой глазури [3].

Основным сырьём для твороженных сырков является творог свежеработанный с массовыми долями белка не менее 14 % (для творога с массовой долей жира 18 %); не менее 16 % (для творога с массовыми долями жира 9 % и 5 %, (таблица 2). не менее 18 % (для творога обезжиренного), подпрессованный в соответствии с требованиями таблицы 3 и сроком хранения не более 24 ч с момента окончания технологического процесса по нормативной, технической документации, действующей на территории государств, принявших стандарт.

Таблица 1

Физико-химические показатели творога.

Массовая доля жира, в твороге. %	Кислотность творога, не более. Т0	Массовая доля влаги в подпрессованном твороге. %
Не менее 18,0	200	От 54,0 до 56,0 включ.* От 61,0 до 63,0 включ.*
Не менее 9,0	210	От 64,0 до 66,0 включ.
Не менее 5,0	210	От 65,0 до 69,0 включ.
Обезжиренный	220	Не более 70,0

На основе состава опытных образцов в дальнейшем будет осуществляться производство сырка с добавкой. Для выбора основы, было сделана дегустация 4 образцов глазированных сырков разных производителей. Опытные образцы для дегустационного листа стали глазированные сырки компаний:

- 1) «Простоквашино»;
- 2) «Первый вкус»;
- 3) «Свитлогорье»;
- 4) «РосАгроКомплекс» (бывшие «Б.Ю. Александров», ребрендинг произошел из-за передачи имени после смерти Александрова в 2020 году).

В дегустации по органолептическим характеристикам в составе комиссии участвовали преподаватели и студенты в составе 3х человек. Из результатов исследований было выявлено, что основа для производства глазированных сырков по органолептическим показателям бренда «РосАгроКомплекс» набрала наибольшее количество баллов по органолептическим показателям (таблица 2).

Таблица 2

Результаты дегустационной оценки глазированных сырков разных торговых марок.

Опытный образец	Наименование показателя качества	Заключение дегустатора	Дегустационная оценка (от -5 до 5)
«Простоквашино»	Вкус	Чувствуется шоколад, творог не сильно кислит, сахар чувствуется отдельно	2
	Качество	Сырок произведён качественно, но кусочки сахара создают неприятное ощущение	3
	Запах	Хороший, не «бьет» в нос, приятный	3
	Консистенция	Творожная смесь мягкая, шоколадная оболочка держит форму	4
	Внешний вид	Сырок цельный, без «потёков», упаковка эргономична	1
«Свитлогорье»	Вкус	Чувствуется шоколад, творог не сильно кислит, приятный	3
	Качество	Сырок произведён качественно	4
	Запах	Хороший, приятный, не чувствуется ничего лишнего	4
	Консистенция	Творожная смесь чуть тверже, чем «Простоквашино», шоколадная оболочка держит форму	3
	Внешний вид	Сырок цельный, без «потёков», в упаковке есть неудобство при раскрытии	4
«РосАгроКомплекс»	Вкус	Шоколад вкусный, творог не кислит, приятнее, чем в прошлых образцах	4
	Качество	Сырок произведён качественно	5
	Запах	Хороший, приятный, не чувствуется ничего лишнего	5
		Творожная смесь умеренно мягкая, шоколадная оболочка, чуть тверже, чем у прошлого образца, держит форму	5

Исходя из дегустационной оценки, можно сделать выбор на составляющие части органолептических показателей и изучить рецептуры представленных производителей.

После изучения рецептуры и технологии необходимо выбрать добавку, выбор на кондитерское изделие – мармелад. Мармелад изготовлен из фруктово-ягодного пюре или

водного раствора желирующих веществ, сахара и других компонентов. Мармелад подразделяется на два основных вида: фруктово-ягодный и желейный.

Одной из важных составляющей технологии продукта является глазурирование. Глазурь – это рецептурная смесь, полученная плавлением масло-какао, которое дает «жирную» основу для добавления к подготовленному сырью. Полученную смесь тщательно перемешивают до полного растворения в ней твердых комочков. Температура воды в пароводяной бане должна быть +60°C, затем глазурь на масле-какао, охлаждают до +40°C. Готовая глазурь должна быть однородной консистенции (без комочков и крупинок)

В глазурь, приготовленную на базе кондитерского жира и масла-какао, для улучшения глазированных свойств добавлять кондитерский жир.

Излишняя глазурь с сырков удаляется струей теплого воздуха, подаваемого вентилятором через воздушное сопло глазировочной машины. Верхняя часть сырков покрывается глазурью при помощи вращающихся валиков глазировочной машины. После глазирования сырки поступают в воздушный охладитель, где при температуре +1°C глазурь застывает [4].

Для желейного мармелада используют следующие студнеобразователи: агар, агаройд, пектин и другие растительные компоненты. В качестве студнеобразователя для фруктово-ягодного мармелада применяется пектин, содержащийся в фруктово-ягодном пюре.

Технология производства мармелада фруктово-ягодного включает в себя следующие технологические процессы: приготовление смеси, уваривание мармеладной смеси до мармеладной массы, формование смеси, студнеобразование, сушка и охлаждение мармелада, упаковка, хранение и реализация.

Поступающее в производство основа отличается своей студнеобразующей способностью, поэтому из разных партий пюре составляется купажная смесь. Рецептурную смесь получают путем смешивания в смесителе фруктово-ягодного пюре, сахара-песка, патоки и лактата или цитрата натрия (соли-модификаторы) [2].

Для производства глазированных сырков с мармеладной начинкой была представлена технологическая схема производства (таблица 3).

Таблица 3

Технологическая схема производства глазированных сырков с мармеладом.



Мармелад обладает великолепными вкусовыми качествами и популярен среди потребителей, отличается яркими вкусовыми качествами и является низкокалорийным. Он обладает уникальными практическими свойствами, что обеспечивается наличием в нем пектина, агар-агара или желатина. Все перечисленные компоненты являются полезными для организма человека. Исходя из полученных данных, для производства глазированных сырков

мы предлагаем разработать рецептуру с железной мармеладной начинкой в соотношении 1:3 к общей массе и дальнейшим ее совершенствованием.

1. Нилова, Л. П. Товароведение и экспертиза молока и молочных продуктов : учебное пособие / Л. П. Нилова. — Санкт-Петербург : Троицкий мост, [б. г.]. — Часть 2 : Ферментированные молочные продукты — 2022. — ISBN 978-5-4377-0155-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/207686> (дата обращения: 20.09.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 56.).
2. Толмачева, Т. А. Технология отрасли: технология кондитерских изделий : учебное пособие / Т. А. Толмачева, В. Н. Николаев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-3689-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206807> (дата обращения: 20.09.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 99.).
3. Интернет-ресурс ГОСТ: https://allgosts.ru/67/100/gost_33927-2016 (дата обращения: 20.09.2022)
4. Забодалова, Л. А. Технология цельномолочных продуктов и мороженого : учебное пособие для вузов / Л. А. Забодалова, Т. Н. Евстигнеева. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — ISBN 978-5-8114-7452-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160132> (дата обращения: 28.11.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 306.).

Логвинчук Т.М.¹, Богачук М.Н.²

Определение содержания витаминов группы В в суточной порции обогащенных растворимых чайных напитков

¹НИИПП и СПТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»
(Россия, Измайлово)

²ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-870

Аннотация

Согласно критериям отнесения пищевых продуктов к категории обогащенных витаминами суточная порция такого продукта должна содержать от 15 % до 50 % витаминов от суточной физиологической потребности человека. В статье представлены результаты экспериментальных исследований, которые показали, что содержание витаминов группы В в суточной порции обогащенных растворимых чайных напитков полностью отвечает указанным требованиям. Полученные результаты могут быть реализованы при разработке технических требований к обогащенным растворимым чайным напиткам в части установления норм содержания в них витаминов группы В и в части маркировки при указании пищевой ценности этих витаминов, выраженной в процентном отношении к суточной физиологической потребности.

Ключевые слова: обогащенные растворимые чайные напитки, суточная порция, содержание витаминов группы В, процентное отношение к нормам суточной физиологической потребности

Abstract

According to the criteria for classifying food products as vitamin-enriched, a daily portion of such a product should contain from 15% to 50% of vitamins from the daily physiological needs of a person. The article presents the results of experimental studies that have shown that the content of B vitamins in a daily serving of enriched instant tea drinks fully meets these requirements. The results obtained can be implemented in the development of technical requirements for enriched instant tea drinks in terms of establishing norms for the content of B vitamins in them and in terms of labeling when indicating the nutritional value of these vitamins, expressed as a percentage of the daily physiological need.

Keywords: enriched instant tea drinks, daily serving, the content of B vitamins, percentage ratio to the norms of daily physiological needs

Введение. В рамках темы «Разработка технологии обогащенных многокомпонентных растворимых чайных напитков с применением растительного сырья» разработаны три рецептуры чайных напитков, обогащенных комплексом витаминов группы В. Для обогащения был разработан специальный витаминный премикс, включающий витамины В1 (тиамин), В2 (рибофлавин), В3 (ниацин), В5 (пантотеновая кислота), В6 (пиридоксин), В7 (биотин), В9 (фолиевая кислота), В12 (цианокобаламин).

Согласно критериям отнесения пищевых продуктов к категории обогащенных витаминами продукт считается обогащенным при условии, что его усредненная суточная порция содержит от 15 % до 50 % витаминов от суточной физиологической потребности (СФП) [1]. Такая степень обогащения гарантирует, что обогащенный продукт является эффективным для восполнения существующего дефицита витаминов при условии его регулярного, постоянного (систематического) включения в рацион всеми группами населения и одновременно безопасным для здоровья человека. Добавление незначительных количеств витаминов (менее 15 % от нормы физиологической потребности) не эффективно и не приносит ожидаемой пользы потребителям [2].

Кроме этого, обогащенные пищевые продукты должны сопровождаться информацией для потребителей, соответствующей требованиям законодательства Российской Федерации, согласно которым в маркировке обогащенной пищевой продукции в отношении веществ, использованных для ее обогащения, дополнительно должна быть указана следующая информация:

их гарантированное содержание в мг на 100 г (мл) или среднюю суточную порцию продукта, а также пищевая ценность в абсолютных величинах и в процентном отношении к величинам, отражающим среднюю суточную потребность в них человека [1,3].

На основании изложенной выше информации целью одного из этапов работы являлось определение содержания витаминов группы В в суточной порции обогащенных растворимых чайных напитков и сопоставление полученных результатов с нормами СФП.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследований служили обогащенные растворимые чайные напитки:

- «Напиток чайный растворимый с белым чаем, обогащенный комплексом витаминов группы В» (№1);
- «Напиток чайный растворимый с зеленым чаем, обогащенный комплексом витаминов группы В» (№2);
- «Напиток чайный растворимый с черным чаем, обогащенный комплексом витаминов группы В» (№3).

Определение содержания витаминов группы В проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) по [4] и [5].

При проведении работ использовали также логические приемы – анализ, сравнение и обобщение, описание и т.д.

Теоретические и экспериментальные исследования выполнены на базе технологической лаборатории НИИ ПП и СПТ – филиала ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», а также в лаборатории химии пищевых продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Результаты и их обсуждение. Согласно требованиям документа [1, приложение № 20] к обогащенной пищевой продукции усредненная суточная порция готового к употреблению обогащенного чайного напитка должна составлять 300 мл. Рекомендуемая дозировка

витаминового премикса, которая должна обеспечивать содержание каждого из содержащихся в нем витаминов группы В на уровне (25 ± 20) % от нормы их физиологической потребности в суточной порции обогащенного напитка, составляет 0,015 г на 6 г сухого продукта. На основании этих данных для определения содержания витаминов группы В использовали готовые к употреблению обогащенные растворимые чайные напитки, приготовленные из расчета 6 г сухого продукта на 300 мл воды.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание витаминов группы В в суточной порции обогащенных растворимых чайных напитков в процентах от СФП.

Наименование определяемого витамина, ед. изм.	СФП [6] (для взрослых)	Полученное значение в суточной порции обогащенного растворимого чайного напитка / % от СФП		
		№1	№2	№3
<i>B1, мг</i>	1,5	0,377 / 25,1	0,435 / 29,0	0,423 / 28,2
<i>B2, мг</i>	1,8	0,315 / 17,5	0,293 / 16,3	0,480 / 26,7
<i>B3, мг</i>	20	5,415 / 27,1	5,240 / 26,2	6,655 / 33,3
<i>B5, мг</i>	5	1,389 / 27,8	1,248 / 25,0	1,318 / 26,4
<i>B6, мг</i>	2,0	0,703 / 35,2	0,638 / 31,9	0,373 / 18,7
<i>B7, мкг</i>	50	12,900 / 25,8	12,450 / 24,9	12,675 / 25,4
<i>B9, мкг</i>	400	94,050 / 23,5	100,050 / 25,0	97,050 / 26,3
<i>B12, мкг</i>	3,0	1,400 / 46,7	0,800 / 26,7	0,460 / 15,3

Как видно из таблицы 1, содержание витаминов группы В в суточной порции обогащенных растворимых чайных напитков обеспечивает от 15,3 % до 46,7 % от нормы их физиологической потребности, что полностью отвечает требованиям [1] к обогащенным витаминами пищевым продуктам.

Заключение. Практическая значимость работы заключается в том, что результаты экспериментальных исследований могут быть реализованы при разработке технических требований к обогащенным растворимым чайным напиткам в части установления норм содержания в них витаминов группы В и в части маркировки при указании пищевой ценности этих витаминов, выраженной в процентном отношении к СФП.

Финансирование. Подготовка рукописи статьи проведена за счет средств субсидии на выполнение научно-исследовательской работы в рамках темы № FGMF-2022-0002.

1. СанПиН 2.3.2.2804-10 «Дополнения и изменения № 22 к СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 27.12.2010 № 177.
2. Коденцова, В. М., Вржесинская, О. А. Анализ отечественного и международного опыта использования обогащенных витаминами пищевых продуктов // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85. – № 2. – С. 31–50.
3. Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» [Текст] : ТР ТС 022/2011, утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 г. № 881 : введ. в действие с 01.07.2013.
4. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище: [Текст] : Р 4.1.1672-03, утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 30.06.2003 : введ. в действие с 30.06.2003. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. – 2004. – 240 с.
5. Определение водорастворимых витаминов в витаминных премиксах, биологически активных добавках и фармацевтических препаратах методом ВЭЖХ с градиентным элюированием // Вестник Московского университета; серия 2: Химия. – 2010. – Т.51. – № 4. – С.315-324.
6. Методические рекомендации «Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» [Текст] : МР 2.3.1.0253-21, утв. 22.07.2021 г. : введ. в действие с 22.07.2021. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – 2021. – 72 с.

Логвинчук Т.М.¹, Кошечкина А.С.², Перова И.Б.²

Определение содержания витаминов группы В в суточной порции обогащенных растворимых чайных напитков

¹НИИ ПП и СПТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»
(Россия, Измайлово)

²ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-871

Аннотация

В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований по определению содержания биологически активных веществ, специфичных для рецептурного состава обогащенных растворимых чайных напитков. Основой этих напитков являются сухие экстракты белого, зеленого и черного чая, поэтому, в первую очередь, в них были определены наиболее значимые и типичные для чая биологически активные вещества – катехины. На практике полученные результаты могут быть применены в качестве норм показателей для идентификации и контроля рецептурного состава этих чайных напитков. Содержание катехинов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Ключевые слова: обогащенные растворимые чайные напитки, катехины, определение, идентификация и контроль рецептурного состава

Abstract

This article presents the results of experimental studies to determine the content of biologically active substances specific to the prescription composition of enriched instant tea drinks. The basis of these drinks are dry extracts of white, green and black tea, therefore, first of all, the most significant and typical biologically active substances for tea, catechins, were defined in them. In practice, the results obtained can be applied as norms of indicators for the identification and control of the prescription composition of these tea drinks. The catechins content was determined by high-performance liquid chromatography.

Keywords: enriched instant tea drinks, catechins, determination, identification and control of prescription composition

Введение. В Федеральном законе [1] и Распоряжении Правительства [2] понятие «потребительские свойства пищевых продуктов» определено как совокупность физико-химических, органолептических, микробиологических и других показателей. Путем определения перечисленных показателей, а также установления критериев их идентификации обеспечиваются качество и безопасность пищевых продуктов [1]. Необходимость осуществления идентификации пищевой продукции, которая проводится по наименованию и (или) признакам, изложенным в определении такой продукции, предусматривается также положениями документа [3].

В федеральном законе [4] понятие «идентификация продукции» определено как установление тождественности характеристик продукции ее существенным признакам. При этом к существенным признакам пищевых продуктов среди прочих относятся количественные и качественные органолептические и физико-химические показатели [3,5].

В публикациях [6,7] нами был представлен перечень наиболее значимых органолептических и физико-химических показателей обогащенных растворимых чайных напитков, а также их характеристики и нормы, которые могут применяться для оценки и контроля качества на различных этапах жизненного цикла продукта. Однако следует отметить, что этот перечень является недостаточным для их идентификации.

Известно, что наиболее полезные свойства чайного напитка определяют катехины, на долю которых приходится 20-30 % сухого вещества чая. Окислительные превращения

катехинов играют важную роль в формировании вкусовых характеристик чая при его производстве. При этом, чем больше в сухом чае полифенолов, тем выше качество настоя, лучше цвет, аромат и терпкость приготовленного напитка. В чае присутствуют 8 катехинов [8,9].

Катехины (флаван-3-олы, флаванолы) – соединения растительного происхождения, полифенолы из группы флавоноидов. Катехины обладают высокой биологической активностью: регулируют проницаемость капилляров и увеличивают упругость их стенок, обладают антиоксидантными свойствами (самым мощным антиоксидантом считается эпигаллокатехин галлат), но в зависимости от условий могут действовать и как прооксиданты. Катехины чая обладают также антимикробными свойствами [10].

Таким образом, весьма актуальной задачей является определение биологически активных веществ (БАВ), по содержанию которых можно было бы не только объективно оценить качество обогащенных растворимых чайных напитков, но и провести идентификацию их рецептурного состава, а также получить необходимую для потребителя информацию об этих БАВ, поступающих в организм человека при употреблении напитков.

На основании изложенного целью одного из этапов работы в рамках темы «Разработка технологии обогащенных многокомпонентных растворимых чайных с применением растительного сырья» являлось определение содержания БАВ, которые специфичны исключительно для рецептурного состава разработанных чайных напитков.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследований служили образцы обогащенных растворимых чайных напитков:

- «Напиток чайный растворимый с белым чаем, обогащенный комплексом витаминов группы В» (№1);
- «Напиток чайный растворимый с зеленым чаем, обогащенный комплексом витаминов группы В» (№2);
- «Напиток чайный растворимый с черным чаем, обогащенный комплексом витаминов группы В» (№3).

Определение содержания катехинов проводили в сухом продукте методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) по [11]. Все исследования выполнены в трех повторностях. Относительная систематическая погрешность измерений составляет $\pm 15,8\%$.

При проведении работ использовали также логические приемы – анализ, сравнение и обобщение, описание и т.д.

Теоретические и экспериментальные исследования выполнены на базе технологической лаборатории НИИ ПП и СПТ – филиала ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», а также в лаборатории метаболомного и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии».

Результаты и их обсуждение. Принимая во внимание информацию, изложенную во введении, а также тот факт, что основу упомянутых выше чайных напитков составляют сухие экстракты белого, зеленого и черного чая, было принято решение в первую очередь определить наиболее значимые и типичные для чая БАВ – катехины.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание катехинов в обогащенных растворимых чайных напитках.

Наименование определяемого показателя, ед. изм.	Полученное значение для обогащенного растворимого чайного напитка		
	№1	№2	№3
Катехины, мг/г, в т.ч.:	32,23	31,38	18,80
- галлокатехин, мг/г	2,61	2,53	1,61
- эпигаллокатехин, мг/г	5,75	9,60	7,48
- катехин, мг/г	0,95	0,83	0,55
- эпикатехин, мг/г	2,10	1,80	1,28
- эпигаллокатехин галлат, мг/г	12,95	12,62	5,19
- галлокатехин галлат, мг/г	3,32	1,73	1,52
- эпикатехин галлат, мг/г	3,18	2,12	1,17
- катехин галлат, мг/г	1,37	0,15	0,08

Процессы ферментативного окисления, которые протекают при изготовлении черного чая, значительным образом меняют его химический состав. Существенные изменения происходят и в структуре катехинов, количество которых снижается, но при этом увеличивается содержание основных продуктов их окисления – теафлавинов. При изготовлении зеленого и белого чая процессы окисления практически полностью исключаются, поэтому структура катехинов сохраняется [8,9]. Результаты исследований, представленные в таблице 1, согласуются с этими сведениями – содержание катехинов, в особенности эпигаллокатехин галлата, в напитках с белым и зеленым чаем значительно выше, чем в напитке с черным чаем.

Фактические значения содержания катехинов, указанные в таблице 1, представляют собой нормы индикаторных показателей, которые следует соблюдать и контролировать на различных этапах жизненного цикла обогащенных растворимых чайных напитков. Это позволит обеспечить стабильность их потребительских свойств и получение достоверной информации для потребителя о пользе этих БАВ, поступающих в организм человека с употребляемыми напитками.

Заключение. Результаты проведенных экспериментальных исследований могут быть интегрированы в документ, содержащий технические требования к обогащенным растворимым чайным напиткам в части установления норм содержания в них катехинов и применения данного показателя в качестве индикаторного для идентификации и контроля рецептурного состава указанных напитков, а также оценки их потенциального биологического действия.

Финансирование. Подготовка рукописи статьи проведена за счет средств субсидии на выполнение научно-исследовательской работы в рамках темы № FGMF-2022-0002.

1. Федеральный закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов» от 02.01.2000 № 29-ФЗ (последняя редакция).
2. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года [Текст] : [Распоряжение Правительства РФ №1364-р: принято 29 июня 2016 г] : введ. в действие с 29.06.2016.
3. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» [Текст] : ТР ТС 021/2011, утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 г. № 880 : введ. в действие с 01.07.2013.
4. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ (последняя редакция).
5. ГОСТ Р 51293-2022. Оценка соответствия. Общие правила идентификации продукции для целей подтверждения соответствия [Текст]. – Введ. 2022–06–01. – Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022. – 12 с.
6. Логвинчук, Т. М. Наиболее значимые показатели для органолептической оценки качества обогащенных растворимых чайных напитков // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – №95. Часть 4. – С.190-192. DOI: 10.18411/trnio-03-2023-217.
7. Логвинчук, Т. М. Физико-химические показатели обогащенных растворимых чайных напитков // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – №96. Часть 7. – С.183-185. DOI: 10.18411/trnio-04-2023-391.
8. Афолина, С. Н., Лебедева, Е. Н. Химические компоненты чая и их влияние на организм // Успехи современного естествознания. – 2016. № 6. – С. 59-63.

Овчинников Д.Д., Бетева Е.А., Мухамеджанова Т.Г.

Изучение способов стабилизации сокосодержащих напитков на основе комбучи с целью увеличения сроков хранения

*Российский биотехнологический университет
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-872

Аннотация

В настоящее время увеличивается спрос на напитки на основе комбучи. Потребитель чаще обращает внимание на натуральный состав и пользу, которую приносит продукт его организму. Таким продуктом является комбуча. Напитки на основе комбучи можно всё чаще и чаще встретить на полках магазинов. Однако из-за натурального состава и низких сроков

реализации доставить напиток в самые отдалённые части нашей необъятной страны практически невозможно. Было решено исследовать влияние стадий пастеризации, фильтрации и сатурации на стабилизацию комбучи в целях увеличения сроков реализации. В ходе работы было установлено, что сатурирование при давлении 3,0 Бар и хранение комбучи при температуре 160С увеличивает сроки реализации до 14 суток. Это создало предпосылки для апробации предлагаемого способа стабилизации напитка в условиях, приближенных к производственным.

Ключевые слова: комбуча, стабилизация, пастеризация, фильтрация, сатурирование, сроки реализации.

Abstract

Currently, the demand for kombucha-based beverages is increasing. The consumer often pays attention to the natural composition and the benefits that the product brings to his body. Such a product is kombucha. Drinks based on kombucha can be found more and more often on store shelves. However, due to the natural composition and low delivery times, it is almost impossible to deliver the drink to the most remote parts of our vast country. It was decided to investigate the effect of the pasteurization, filtration and saturation stages on the stabilization of kombucha in order to increase the delivery time. During the work, it was found that saturation at a pressure of 3.0 Bar and storage of kombucha at 160C increases the implementation time to 14 days. This created the prerequisites for testing the proposed method of stabilizing the drink in conditions close to production.

Keywords: kombucha, stabilization, pasteurization, filtration, saturation, terms of implementation.

В последние годы отмечается повышение спроса у потребителей во всём мире на напитки на основе комбучи [1]. Увеличивается ассортимент напитков за счёт использования разнообразных ингредиентов: фрукты, ягоды, специи [2]. При этом общей проблемой остаётся низкий срок реализации продукции. Учитывая, что основными местами производства являются крупные города, а попробовать комбучу хотели бы жители отдалённых регионов вопрос сроков хранения возникает с новой остротой, в связи с необходимостью транспортировки напитков на дальнее расстояние. На основании всего вышесказанного целью работы являлось изучение способов стабилизации напитков на основе комбучи с целью увеличения их сроков реализации.

Наиболее часто для стабилизации безалкогольных напитков используют пастеризацию и фильтрацию [3]. На первом этапе наших исследований получали напиток путём приготовления настоя чая, добавления сахара и внесения в него культуральной жидкости комбучи в количестве 10% от объёма приготовленной смеси. Процесс ферментации проводили в течение 6 суток в тёмном месте при температуре 220С. После процесса ферментации вносили вкусо-ароматическое сырьё, а именно концентрированный сок клубники 5% от общего объёма и сок арбуза 5% от общего объёма, при этом использовали концентрированный сок компании «Azov Brewery».

После чего были изучены различные варианты стабилизации напитка. С целью увеличения прозрачности напитка его фильтровали через фильтровальную бумагу ГОСТ 12026-76, фильтр-картон осветляющий марки КФО-1 и обесплывающий фильтр-картон марки КФО-2.

Анализ полученных данных показал, что фильтрация через фильтровальную бумагу ГОСТ 12026-76 не обеспечивает желаемое осветление напитка, фильтрация через обесплывающий фильтр-картон марки КФО-2 приводит к задержанию не только присутствующих в напитке микроорганизмов - дрожжей, бактерий, но и практически полностью лишает напиток всех его органолептических характеристик. Фильтр-картон марки КФО-1 приятно осветлял напиток, сохраняя его вкусовые и ароматические качества.

На основании этого в дальнейшей работе было решено использовать для осветления напитков фильтр-картон осветляющий марки КФО-1.

С целью изучения влияния режимов пастеризации на стабилизацию напитка проводили пастеризацию при разных режимах. При определении режимов пастеризации принимали во внимание существующие режимы пастеризации пива. Учитывая необходимое время для нагрева всего объёма напитка до температуры пастеризации были выбраны следующие режимы: температура 800С продолжительность пастеризации 10, 20 и 30 минут. Эффективность пастеризации оценивали по количеству мёртвых клеток, присутствующих в напитке после термической обработки. На основании предварительных экспериментов была выбрана продолжительность пастеризации 20 минут.

На следующем этапе исследований проводили пастеризацию, предварительно отфильтрованных фильтр-картоном марки КФО-1, напитков при температурах 600С, 700С, 800С в течение 20 минут. Результаты представлены в таблице №1.

Таблица 1

Условия стабилизации напитков.

Образец	Способ обработки		
	Фильтрация	Пастеризация	
		T, минут	t, 0С
№1	Фильтр-картон марки КФО-1	20	60
№2			70
№3			80

Образцы напитка после стабилизации были отправлены на хранение при температурах 40С и 220С. Во всех образцах в процессе хранения при температуре 40 образывался осадок в образце №1 на 5 сутки, №2 на 4 сутки и №3 на 3 сутки. В процессе хранения при температуре 220С на поверхности всех образцов отмечалось образование биоплёнки на 3 сутки. Таким образом, данный способ обработки не приводит к существенному увеличению срока хранения напитка.

На следующем этапе исследований было решено провести сначала пастеризацию, а затем фильтрацию напитков. Поскольку предварительная термическая обработка напитка могла бы способствовать лучшей коагуляции белков и образованию более крупных коллоидных взвесей, что облегчило бы их задержание при последующей фильтрации. Условия обработки представлены в таблице №2.

Таблица 2

Условия стабилизации напитков.

Образец	Способ обработки		
	Пастеризация		Фильтрация
	T, минут	t= 0С	
№4	20	60	Фильтр-картон марки КФО-1
№5		70	
№6		80	

Как и в предыдущем опыте, образцы ставились на хранение при температурах 40С и 220С. Во всех образцах образование биоплёнок происходило позже, чем в предыдущем опыте, полученные данные представлены в таблице №3.

Таблица 3

Образование биоплёнок.

Критерий оценки	t, 0С	Образец					
		№1	№2	№3	№4	№5	№6
Образование плёнки, сутки	22	3	3	3	3	5	7
Образование осадка, сутки	4	5	4	3	4	5	7

Полученные данные показали, что проведение фильтрации после пастеризации позволило увеличить срок хранения без образования биоплёнки и осадка до 7 суток.

На следующем этапе целесообразно было выяснить вопрос - что собой представляют осадки, образующиеся во время хранения при температуре 40С. Являются ли они следствием микробного или коллоидного помутнения. С этой целью образовавшиеся осадки в образце №6 высевали на питательные среды МПА и СА. Чашки термостатировались при температуре 280С в течение 3 суток. После чего проводился осмотр. Результаты представлены на рисунке №1.



Рисунок 1. Чашки Петри образец №6.

Полученные результаты, свидетельствуют о том, что в осадках присутствуют как бактерии, так и дрожжи. Для уточнения полученных результатов было произведено микроскопирование культур. Результаты представлены на рисунках №2 и №3.



Рисунок 2. Образец №6 посеяв на СА. Микроскопирование при увеличении x 400.



Рисунок 3. Образец №6 посев на МПА. Микроскопирование при увеличении $\times 1000$.

Анализ представленных материалов позволяет предположить, что осадки, образующиеся во время хранения напитков при температуре 40С не являются исключительно коллоидными. Они содержат микроорганизмы - дрожжи и уксуснокислые бактерии, увлекаемые коллоидами при оседании.

Поскольку образование осадков отмечалось в случае хранения напитков при температуре 40С, а наиболее благоприятной температурой для ферментации напитка и образование биоплёнок является 18-250С [4], решено было проверить влияние температур хранения на образование биоплёнок и осадков. Образцы комбучи с соком арбуза и клубники после ферментации были поставлены на хранение при температурах 40С; 80С; 120С; 160С; 200С; 240С. В течение срока эксперимента (14 суток) образование осадка и формирование биоплёнки на поверхности напитка при температуре 160С не отмечалось.

Учитывая, что постоянно поддерживать такую температуру при хранении и особенно при транспортировке может быть сложно, решено было изучить влияние сатурации напитков на продолжительность хранения. Сатурацию проводили сифоном компании «Sodastream» при давлении 3,0 Бар. Сатурации подвергали образец №6 и образец комбучи, после аналогичной обработки. После сатурации образцы были отправлены на хранение при температуре 220С. В обоих образцах образование биоплёнок и осадков не наблюдалось в течение 14 суток.

На основании проведённой работы для существенного увеличения сроков реализации комбучи и сокосодержащих напитков на её основе рекомендуется стабилизировать напитки путём карбонизации при давлении 3,0 Бар и хранить при температуре 160С, не прибегая к дополнительным операциям по пастеризации и фильтрации напитков.

1. Fortune Business Insights Kombucha Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, by Type (Natural and Flavored), Distribution Channel (Supermarkets/Hypermarkets, Convenience Stores, Health Stores, and Online Retail), and Regional Forecast, 2020–2027. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/kombucha-market-100230>.
2. Фролова Ю.В. Российский рынок ферментированных напитков на основе чайного гриба // Вопросы питания. 2022. Т. 91, № 3. С. 115–118. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-3-115-118>.
3. Сергеева Ирина Юрьевна. "Совершенствование процессов повышения биологической стойкости напитков брожения" Техника и технология пищевых производств, no. 2 (33), 2014, pp. 81-87.
4. Soares M.G., de Lima M., Schmidt V.C.R. Technological aspects of Kombucha, its applications and the symbiotic culture (SCOBY), and extraction of compounds of interest: a literature review. Trends Food Sci Technol. 2021; 110: 539–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.017>.

Яковлева С.И.

Проблемы обеспечения продовольственной безопасности региона

Уфимский университет науки и технологий
(Россия, Уфа)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-873

Научный руководитель: Дубинина Э.В.

Аннотация

В статье проведен анализ состояния продовольственной безопасности Республики Башкортостан. Представлена динамика потребления основных видов продуктов питания, определены ключевые проблемы обеспечения в продовольственной безопасности и пути их решения.

Ключевые слова: продовольственная безопасность региона, потребительская корзина, анализ, безопасность страны, стратегия.

Abstract

Abstract: the article analyzes the state of food security of the Republic of Bashkortostan. The dynamics of consumption of the main types of food products is presented, the key problems of ensuring food security and ways to solve them are identified.

Keywords: food security of the region, consumer basket, analysis, country security, strategy.

Продовольственной безопасности отводится важная роль при обеспечении национальной и региональной безопасности. Связано это с тем, что именно продовольственная безопасность является особым состоянием социального и экономического развития государства, обеспечивающим как экономическую, так и физическую доступность пищевой продукции для граждан. При этом достаточный уровень продовольственной безопасности обеспечивает граждан продукцией согласно требованиям и в тех объемах, которые укладываются в рациональные нормы потребления продукции в том количестве, которого будет достаточно не только для здорового, но и активного образа жизни [3].

На данный момент обеспечение продовольственной безопасности является одной из актуальных проблем. Также данная область представляет собой одну из стратегических задач государства и отдельно каждого региона.

Продовольственная безопасность региона – это такое состояние экономики, при котором обеспечена необходимыми природными и технологическими ресурсами, потенциалом и гарантиями, что позволяет удовлетворять население территории в продуктах питания в соответствии с физиологическими нормами.

Правовую базу обеспечения продовольственной безопасности составляет Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 “Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации”.

Так, обеспечение продовольственной безопасности республики регламентируется, прежде всего, Законом Республики Башкортостан от 04.02.2000 г. №51-з «О продовольственной безопасности Республики Башкортостан», согласно которому «обеспечение продовольственной безопасности – это разработка и осуществление социально-политических, экономических, научно-технических, организационных, информационных и иных мер по обеспечению физической и экономической доступности жизненно важных продуктов питания, предупреждению чрезвычайных продовольственных ситуаций» [2].

Реализация мер в рамках продовольственной безопасности включает транспортно-складскую инфраструктуру, логистику, развитие АПК, которые обеспечивают сохранность и доступность качественных продуктов для полноценного и здорового питания. Мониторинг продовольственной безопасности – контроль производственной сферы и сферы потребления –

на территории регионов возлагается на органы государственной власти субъектов РФ [4, с. 639].

Все показатели продовольственной безопасности на уровне региона можно подразделить на 2 группы:

Показатели в сфере производства продовольственных товаров;

Показатели в сфере потребления продуктов питания.

В таблице 1 представлена динамика основных значений самообеспечения ключевыми видами продовольствия по сравнению с основными индикаторами продовольственной независимости на территории Республики Башкортостан.

Таблица 1

Динамика основных значений самообеспечения ключевыми видами продовольствия населения РБ в 2017-2022 гг. [8]

Виды продовольствия	Критерии	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.	2021г.	2022г.
Зерно	>95	149,1	160,1	170,7	147,2	155	152
Сахар	>90	102,4	105,9	108,1	109,4	125	126
Растительное масло	>90	125,5	141,3	149,2	149,0	148,7	149,2
Мясои мясопродукты	>85	88,7	90,6	93,5	95,7	97,4	97,1
Молоко и молокопродукты	>90	79,9	80,7	82,3	83,9	83,9	84,0
Рыба и рыбопродукты	>85	132,8	140,6	138,6	139,4	139,6	140,1
Картофель	>95	102,1	93,2	91,1	94,9	95,1	95,3
Овощи и бахчевые	>90	86,8	87,4	87,6	87,2	87,7	87,9
Фрукты и ягоды	>60	32,5	36,5	33,1	38,8	40,2	40,5

Из таблицы 1 видно, что по некоторым видам продовольствия в течение определенного периода наблюдается превышение фактического показателя продовольственной независимости над установленным критериальным значением.

Однако по таким видам продовольствия как молочные продукты и молоко, а также овощи, бахчевые культуры, ягоды и фрукты, регион не обеспечивает себя в достаточных объемах.

Для обеспечения продовольственной безопасности на территории региона необходимо добиться того, чтобы 80% всей потребляемой продукции регион производил самостоятельно [5].

По оценкам авторов, общий показатель продовольственной независимости в Республике Башкортостан составляет 83,9%. [7, с. 295]. Тем не менее, по отдельным видам продукции, указанным выше (молоко и молочные продукты, овощи и бахчевые, фрукты и ягоды), значения оказались ниже порогового. Данная ситуация требует тщательного анализа и разработки мер для достижения полной самообеспеченности в этой категории продукции.

Стоит выделить несколько проблем, связанных с обеспечением продовольственной безопасности региона, которые выявлены в ходе анализа показателей самообеспечения продовольствием:

- неблагоприятные экономические условия для ведения сельскохозяйственного производства;
- недостаточно высокий уровень развития рыночной инфраструктуры;
- сложный доступ производителей в области сельского хозяйства к материальным, техническим, а также финансовым и иным ресурсам;
- наличие дисбаланса между интересами таких сторон, как потребители, производители сельскохозяйственных товаров, торговые компании (выражается дисбаланс в низких ценах на товары от производителей, высоких наценках, недоступности товаров для большинства граждан).

Финансовая нестабильность большинства значимых отраслей АПК связана с отсутствием стабильности на рынках сельхозпродукции, продовольствия и сырья.

Также неустойчивое развитие сельского хозяйства связано:

- с низкой инвестиционной активностью частных лиц в области сельскохозяйственного производства;
- со слабо развитой системой страхования производства продукции и т.д.

Довольно значимой для данной отрасли является проблема дефицита квалифицированных кадров. Можно выделить следующие причины сложившейся ситуации:

- недостаточное развитие инфраструктуры в сельской местности, как инженерной, так и социальной;
- отсутствие условий, достаточных для альтернативной занятости граждан;
- недостаточный уровень доходов работников в сельском хозяйстве (таблица 2).

Таблица 2

Динамика среднемесячной заработной платы работников организаций Республики Башкортостан по видам экономической деятельности в 2017-2022 гг., руб. [8]

Отрасли	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.	2021г.	2022г.	Темп роста, % в 2022г. по сравнению с 2017г.
<i>Всего</i>	30357,7	33752,8	36464,6	38738,1	42848,2	49459,7	162,9
<i>Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство</i>	18050,2	19583,4	21354,5	24027,5	28262,4	35286,3	195,5
<i>Добыча полезных ископаемых</i>	50537,0	58528,6	62165,3	64721,7	70963,7	79864,3	158,0
<i>Обрабатывающие производства</i>	35954,3	36724,3	39890,7	42562,0	46973,7	54585,4	151,8
<i>Обеспечение электроэнергией, газом и паром</i>	39299,0	41914,7	44085,4	45037,9	48301,9	57017,3	145,1
<i>Водоснабжение; водоотведение, сбор и утилизация отходов</i>	29626,5	26874,6	28504,2	30138,4	33160,9	36529,8	123,3
<i>Строительство</i>	26130,7	27889,4	32250,9	29726,2	38007,0	46399,4	177,6
<i>Торговля оптовая и розничная</i>	20646,7	24109,5	26110,4	29277,2	32876,6	38661,9	187,3
<i>Транспортировка и хранение</i>	34669,7	38171,6	40421,1	42573,4	46750,4	55574,6	160,3
<i>Деятельность финансовая и страховая</i>	44122,9	46508,2	50246,1	51809,2	57818,9	67265,3	152,4
<i>Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг</i>	27074,9	32493,3	35086,5	40902,5	40503,0	43897,0	162,1
<i>Деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений</i>	34218,1	41016,4	42896,6	42585,9	44957,6	46540,9	136,0

Анализ данных, представленных в таблице 2, показал, что, несмотря на то, что за 6 лет среднемесячная заработная плата в сельском хозяйстве выросла почти вдвое (темп роста 195,5%), в то время как в целом по РБ она увеличилась на 62,9%, ее уровень в 1,4 раза ниже среднеотраслевых доходов - в 2,3 раза ниже, чем у работников добывающих отраслей, в 1,5 и 1,6 раз ниже, чем в обрабатывающих производствах и сфере водоснабжения, водоотведения соответственно.

Также необходимо выделить небольшой производственный потенциал АПК, одна из причин которого – опережающее выбытие и износ ключевых производственных фондов (что относится, прежде всего, к сельскохозяйственной технике), снижение качества земли.

Нельзя не отметить наличие некоторых внешних угроз для продовольственной безопасности, к которым можно отнести: не самые благоприятные изменения конъюнктуры на продовольственных рынках в мире; обновление валютных курсов и условий обмена; применение продовольствия как одного из рычагов давления на импортирующие государства [6, с. 58].

Проведенный анализ выявил проблемы в вопросах обеспечения продовольственной безопасности Республики Башкортостан, что актуализирует необходимость разработки и реализации комплекса мер по их решению, как производственного, экономического, так и организационного характера:

- восстановление и развитие мясного и молочного скотоводства;
- формирование собственных мощностей по переработке сельхоз сырья;
- льготное кредитование сельскохозяйственных производителей;
- применение и совершенствование лизинга в сельском хозяйстве;
- развитие инфраструктуры на сельских территориях;
- проведение мониторинга безопасности и качества продовольствия
- разработка комплексной систем и программы обеспечения продовольственной безопасности и другие меры.

Таким образом, с целью обеспечения продовольственной безопасности Республики Башкортостан необходимо создать условия, благоприятные для развития региональных производителей и повышения их конкурентоспособности и, прежде всего в агропромышленном комплексе. А это возможно лишь при государственной поддержке отечественного и местного сельскохозяйственного производителя, снижении зависимости внутреннего рынка от импорта и ввоза из других регионов, повышения самообеспечения региона.

1. Указ Президента РФ от 21.01.2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» // Справочно-правовая система «Гарант». – Текст: электронный. - URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/#review> (дата обращения: 01.08.2023).
2. Закон Республики Башкортостан от 04.02.2000 №51-з «О продовольственной безопасности Республики Башкортостан» // Справочно-правовая система «Гарант». – Текст: электронный.-URL: <https://base.garant.ru/17702068/#friendshttp://base.www.consultant.ru>(дата обращения: 01.08.2023).
3. Дубинина,Э.В. Продовольственная безопасность как составляющая экономической безопасности: проблемы и пути их решения / Э.В. Дубинина, Е.В.Жилина//Региональные аспекты экономической безопасности: Сборник материалов Всероссийской молодежной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Республики Башкортостан, Уфа, 01.11.2019 г.- Текст: электронный. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41724422> (дата обращения: 01.08.2023).
4. Жилина, Е. В. Траектория цифровой трансформации агропромышленного комплекса России / Е. В. Жилина, А. А. Никитина, Э. В. Дубинина // АПК: экономика, управление. – 2023. – № 7. – С. 54-62. – DOI 10.33305/237-54.
5. Майер, В.С. Продовольственная безопасность в системе приоритетов устойчивого развития сельских территорий / В.С. Майер. – Текст : электронный // Молодой ученый. - 2022. - №20. - С. 639-641. - URL: <https://moluch.ru/archive/415/91636> (дата обращения: 01.08.2023).
6. Муртузалиев, М.М.Продовольственная безопасность и графовые модели устойчивого развития АПК / М. М. Муртузалиев. – Текст : электронный // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2021. – № 8. – С. 57-64. - URL: <http://вниизэх-журнал.рф/article/745> (дата обращения: 01.08.2023).
7. Пронина, Е.Н., Ханова, И.М. Оценка уровня обеспечения продовольственной безопасности Республики Башкортостан. – Текст: электронный // Вестник экономической безопасности. - 2022. - №1. - С. 295-300. - URL: <https://doi.org/10.24412/2414-3995-2022-1-295-300> (дата обращения: 01.08.2023).
8. Ситдинов, А.З. Продовольственная безопасность Башкортостана: сущность и критерии оценки / А.З. Ситдинов, А.А. Барлыбаев. – Текст: электронный // Вестник УГНТУ. Наука, Образование, Экономика. Серия: Экономика. – 2017. - №4. – С. 114-121. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32711833> (дата обращения: 01.08.2023).
9. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан. - Текст: электронный. - URL: https://bashstat.gks.ru/storage/mediabank/kompleksnyi-sbornik_2020.pdf (дата обращения: 01.08.2023).



LJournal

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
№104, Декабрь 2023**

Часть 15

Подписано в печать 25.12.2023. Тираж 400 экз.
Формат.60x841/16. Объем уч.-изд. л.12,9
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович