

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Балаковский инженерно-технологический институт

СБОРНИК ТРУДОВ
ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 80-ЛЕТИЮ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И 40-ЛЕТИЮ БАЛАКОВСКОЙ АЭС

УДК 621.311, 677, 620.9

ББК 31.4+35.71+31.19

С23

Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию атомной промышленности и 40-летию Балаковской АЭС, (25 сентября 2025 года). – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: Типография ЛИСТ, 2025. – 300 с.

Сборник содержит статьи по итогам докладов, включенных в программу Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию атомной промышленности и 40-летию Балаковской АЭС, состоявшейся 25 сентября 2025 года в БИТИ НИЯУ МИФИ.

Материалы сборника охватывают широкий круг вопросов, среди которых актуальные проблемы развития энергетики, электроснабжения, машиностроения и управлении в технических системах; информационные технологии в образовании и науке; проблемы и направления совершенствования химических технологий и моделирования; вопросы эксплуатационной надежности зданий и сооружений; современные социокультурные практики образования; проблемы, тенденции и перспективы развития экономики и управления.

Сборник предназначен преподавателям, ученым, аспирантам, студентам и специалистам, интересующимся тематикой представленных научных направлений.

Редакционная коллегия

ответственный редактор: Р.А. Кобзев

члены редакционной комиссии: О.В. Виштак, С.Н. Грицюк, Т.А. Ефремова,
Э.Ф. Кочеваткина, В.М. Меланич, О.Н. Михайлова, Г.В. Очкур,
Н.М. Чернова, А.А. Щеголева, Н.Н. Устинова.

Под общей редакцией
руководителя Балаковского инженерно-технологического института
В.М. Земского

Статьи получены до 30 октября 2025 года. Статьи сборника издаются в авторской редакции.
ISBN 978-5-7262-3206-5

© Балаковский инженерно-технологический
институт (филиал)
Национального исследовательского ядерного
университета «МИФИ», 2025

Подписано в печать 10.12.2025. Формат А4, бумага 80 г/м², 280 стр.
Тираж 50 экз. Заказ № 3995.

Балаковский инженерно-технологический институт (филиал)
Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

Типография ЛИСТ
413800, Саратовская обл., г. Балаково, ул. Московская, д. 16

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, МАШИНОСТРОЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»

ЗОБАЧЕВА П.В.

Оптимизация поэтапного освоения мощности реакторов ВВЭР-440 Кольской АЭС после перегрузки ядерного топлива.....	10
---	----

КОРОЛЕВ В.Ю., СОЛОХИН Я.С., ТЮКУЛЬМИН С.Н.

Технология накопления энергии в промышленных масштабах на российских АЭС с применением метода криогенного аккумулирования (LAES).....	13
---	----

КРАВЦОВ С.В., БОБОВИЧ В.А.

Применение технических средств обучения при подготовке персонала АЭС.....	19
---	----

АКИНФИЕВА А.А., ЕГОРОВ В.Е.

Идея вечного двигателя как катализатор научного процесса.....	25
---	----

АКИНФИЕВА А.А., РАЗУВАЕВ А.В., МАЙЕР А.В.

Основы расчета когенерационной установки на базе паровой поршневой машины.....	31
--	----

БЕЛОПАХОВА А.А., МЕФЕДОВА Ю.А., ПЕСТОВА Е.Д.

Разработка инициирующей части предупредительной защиты реактора ВВЭР-1000 на базе программной логики.....	34
---	----

ГЛУХОВА Д.А., МЕФЕДОВА Ю.А., ПЕСТОВА Е.Д.

Разработка локальной системы автоматического регулирования давления компенсатора давления АЭС с реактором ВВЭР-1000 в режиме тонкого впрыска.....	40
---	----

ЕПИШИН А.Ю.

Повышение топливной экономичности силовых энергетических установок за счет выбора режимов управления.....	45
---	----

КНЯЗЕВ А.А., ЕФРЕМОВА Т.А.

Разработка алгоритма функционирования учебного стенда для диагностики электродвигателей.....	48
--	----

КОРНИЛОВА Н.В.

Разработка автоматической системы управления дозирования гашеной извести.....	51
---	----

КОСТИН Д.А., КУДАШЕВА И.О., КУДАШЕВ К.Д., ГОРБУНОВ Е.В., ЗЕМЛЯНСКАЯ П.К.	
Обеспечение теплоснабжения автономного полевого лагеря.....	59
КРАСНОЛУДСКАЯ Д.Н., КРАСНОЛУДСКИЙ Н.В.	
Ядерно-релятивистский реактор: фантастика или энергия будущего?.....	63
КУДАШЕВА И.О., КОСТИН Д.А., МАГЕРРАМОВА А.Р.	
Свариваемость теплоустойчивых сталей, применяемых в атомной промышленности.....	68
ЛУСКАНЬ О.А.	
Обоснование условий транспортирования груза на импульсном инерционном пластинчатом конвейере.....	72
НАБОКИН А.О., МЕЛЬНИК М.А., ПОГОНЫШЕВ Д.С., ВИННИЙЧУК В.А.	
Влияние времени полупериода импульса на формирование сварного шва при автоматической сварке пульсирующей дугой.....	79
НИКОНОВ А.А., ГРИЦЮК С.Н.	
Разработка виртуальной модели микропроцессорной системы в SimInTech.....	81
ТОКАРЕВ А.С.	
Применение разработанной математической модели расчета увода оси отверстия при обработке осевым инструментом к деталям серийного производства.....	86
УСТИНОВ Н.А.	
Перспективы применения паровых машин в мобильных атомных энергетических установках.....	91
ШАМАЕВ А.В., ЛАПКИС А.А.	
Анализ погрешностей определения изотопного состава ОЯТ при наличии борного поглотителя в теплоносителе.....	95
ЩЕГОЛЕВ С.С., МОТКОВ А.Г.	
Разработка автоматизированной системы проектирования электропроводки с учётом расположения элементов электрооборудования.....	99

СЕКЦИЯ 2

«ИТ – ТЕХНОЛОГИИ В АТОМНОМ ОБРАЗОВАНИИ И НАУКЕ»

ВИШТАК Н.М., КИСЛИНСКАЯ А.А.	
Технологии создания научных видеороликов.....	104
ВИШТАК Н.М., КОРНЕЕВ А.С.	
Анализ функциональных возможностей видеоконференций.....	108

ВИШТАК О.В., РЫБАЛКО Т.Е.

Функциональные особенности облачных хранилищ..... 117

ЗАБРОДИН М.Д.

Инструментарий создания TTS-приложений..... 121

ПИЛИПЕНКО И.И., МОТКОВ А.Г., ЩЕГОЛЕВ С.С.

Особенности проектирования конструктора игр для обучения детей..... 127

ПОДОШВИН В.С., ЕФРЕМОВ Р.В.

Создание информационного ресурса образовательной организации..... 129

СТАРОДУБОВ А.О., ШТЫРОВА И.А.

Цифровые двойники в атомной энергетике..... 133

ЯРОЩУК Н.С., ОЧКУР Г.В.

Искусственный интеллект как средство оптимизации деятельности сотрудников предприятий атомной отрасли..... 137

СЕКЦИЯ 3**«ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ»****АНДРЕЕВА Н.В.**

Долговечность зданий и сооружений АЭС с позиции теории ресурса строительных конструкций..... 141

ЗЕМЛЯНСКИЙ А.А., ПРОКОПЕНКО А.А., ИЛЬИН Н.В.

Обоснование инновационного метода расчета и прогнозирования деформационного поведения высотных, ядерных и экологически опасных объектов..... 145

ЗЕМЛЯНСКИЙ А.А., ПАРАМОНОВ Н.А., ЧУРИЛОВ Д.А.

Экспериментальная оценка эффективности инновационного метода активного кольцевого армирования слабого грунта при строительстве уникальных и ядерных объектов..... 153

КОЧЕТОВА Д.А., ПЕРЕПЕЛЯТНИКОВА К.Д., ТКАЧЕВ В.Г.

Аэрогели и наноматериалы в строительстве атомных электростанций: революция в строительной изоляции и противопожарной защите зданий..... 161

МАГЕРРАМОВА И.А., МАГЕРРАМОВ Р.А., МАГЕРРАМОВА А.Р., МАГЕРРАМОВА Э.Р.

Требования к ограждающим конструкциям для зданий и сооружений АЭС..... 165

РАЩЕПКИНА С.А., ВИНОКУРОВА А.А.

Разновидности купольных покрытий зданий и сооружений..... 168

СЕКЦИЯ 4

«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

КУДРЯВАЯ Е.А., ГЕРАСИМОВА В.М.

Исследование влияния хлоридных примесей в бетонных материалах для атомных электростанций..... 175

МИЛЯЕВА Н.В.

Оценка эффективности цифровых процессов химических режимов атомных станций..... 178

ПОЛОВОДОВА О.В., ЗЕРНЫШКИНА А.А.

Химические методы ингибирования электрохимической коррозии металлов..... 182

СЕМИЖЕНОВА Д.В., ГЕРАСИМОВА В.М.

Химия графена и применение его уникальных свойств..... 187

СЕКЦИЯ 5

«СОВРЕМЕННЫЕ СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ ПРАКТИКИ ОБРАЗОВАНИЯ: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ»

МАКАРОВ Э.Б., БЕССОНОВ Д.В.

Создание тренажёров по предотвращению неправильных действий персонала атомной станции: постановка проблемы, пути решения и рекомендации..... 191

ВДОВУШКИНА Н.С.

Архетипические механизмы в культуре..... 196

ЗУЕВА И.А., РАССКАЗОВ А.В., ЕЖОВА Е.А.

Профессионально-прикладная направленность занятий физкультурой и спортом работников атомной промышленности..... 200

ИЛЛАРИОНОВА О.В.

Цифровая коммуникация и ее влияние на культуру речи..... 204

МЕРЕНКОВА И.А., УРАЕВ М.А., ГОНЧАРОВА Т.В.

О специфике перевода терминов атомной энергетики (на материале немецкого языка) 207

МИНАЕВ К.А.

Особенности преподавания юридических дисциплин в техническом вузе..... 210

МИХАЙЛОВА О.Н., СМИРНОВА О.В.

Домашняя занятость женщин в контексте совершенствования семейной политики и формирования социальной ответственности государства..... 214

ПРУДНИКОВА Н.Н.

Социальный аспект формирования гибких навыков студентов инженерного профиля в русле преподавания специализированного английского..... 217

СКОБЛИКОВА В.А., СКОБЛИКОВА Е.А.

Формирование личности студента в цифровую эпоху: новые образовательные траектории.. 221

СТЕЛЬМАХ Е.Д., СТЕЛЬМАХ А.М., ТОЛОК Е.С.

Волонтерство как ресурс личностного роста студенческой молодежи..... 225

УТЕНКОВ Г.Н., ГОРШКОВ Е.А.

Правовое регулирование безопасности атомной энергетики России: вопросы технологического суверенитета и пути модернизации..... 230

ЩЕГОЛЕВА А.А.

Выявление локальной идентичности через городской брендинг..... 237

СЕКЦИЯ 6**«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ, ТЕНДЕНЦИИ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ»****ВИНТОВКИНА Д.Д., УСТИНОВА Н.Н.**

Логистика в энергетике..... 245

ВОЛЧКОВА Е.Н., КОРЯБКИНА Д.М.

Предиктивная аналитика в энергетике: применение ИИ для прогнозирования отказов оборудования и оптимизации технического обслуживания..... 249

ВОЛЧКОВА Е.Н., ЛАСКИНА Е.А.

Развитие интеллектуальных сетей (Smart Grid) в России: оценка экономической эффективности и рисков..... 252

КАРПОВА А.В.

Инвестиции в энергетическую отрасль: планы и перспективы..... 256

КАРПОВА А.В., КУЛЕМЯКИН С.С.

Социальная ответственность бизнеса..... 260

КОЧЕВАТКИНА Э.Ф., МИЩУК В.И.

Влияние АЭС на экономическое развитие территории присутствия..... 264

КОЧЕВАТКИНА Э.Ф., ПАШКИНА В.А.

Новые формы социально-экономической поддержки работников атомной станции..... 269

ПЛИТИНЬ Я.Н., ЗАЛЯЛОВА А.М., ВОЛГИНА С.В.

Влияние РоАЭС на социально-экономическое развитие г. Волгодонска и Ростовской

области.....

274

СЕКЦИЯ 1
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ,
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, МАШИНОСТРОЕНИЯ
И УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»

УДК 621.039.566.4

Оптимизация поэтапного освоения мощности реакторов ВВЭР-440 Кольской АЭС
после перегрузки ядерного топлива

Зобачева Полина Викторовна, инженер отдела ядерной безопасности и надежности

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция», г. Полярные Зори

В работе представлен анализ возможности сокращения времени проведения работ по поэтапному освоению мощности реакторов энергоблоков 1÷4 Кольской АЭС с РУ ВВЭР-440 и результаты поэтапного освоения, проведенного по оптимизированному алгоритму. Приведено обоснование сокращения длительности этапов освоения мощности по факту стабилизации коэффициента неравномерности энерговыделения по мощности твэл Kr и TBC Kq в активной зоне.

Нагрузки, действующие на оболочку твэлов в стационарных режимах хорошо известны. Это – внешнее давление теплоносителя, внутреннее давление газообразных продуктов деления и заполняющих газов, механическое воздействие распухающего топлива и термические напряжения [1]. Добавление к этим длительным процессам новых факторов, возникающих из-за резких изменений тепловыделения и температуры, приведет к дополнительному ухудшению характеристик твэла.

Объектом исследования являются алгоритмы рабочих программ поэтапного освоения мощности реакторов энергоблоков 1÷4 Кольской АЭС после перегрузки ядерного топлива, которые определяют скорость, этапы и способы подъема мощности. Данные алгоритмы разрабатывались с большим консерватизмом для разных видов топлива, находящихся в опытно-промышленной эксплуатации, и которые в настоящее время не используются на Кольской АЭС.

Уровни мощности, на которых проводится выдержка по времени, предусмотренные рабочими программами:

- 10% Nном — не менее 0.5 часа;
- 25% Nном — не менее 1 часа;
- 50% Nном — не менее 3 часов;
- 75% Nном — не менее 3 часов;
- 90% Nном — не менее 6 часов;
- 100% Nном — не менее 6 часов (для 3 и 4 энергоблоков);
- Nдоп — не менее 24 часов.

При этом технологическими регламентами эксплуатации энергоблоков предусмотрен контроль за распределением энерговыделения только на этапах 50%Nном, 75%Nном, 90%Nном и Nдоп.

Необходимо проанализировать, насколько можно сократить время выдержки на этапах после 75%Nном.

Критерий для момента времени, до которого можно сократить длительность этапа на определенном уровне мощности, — стабилизация коэффициента неравномерности энерговыделения по мощности твэл K_q или ТВС K_q .

Расчетное моделирование выполнено при помощи программного комплекса КАСКАД-2007, который используется для нейтронно-физических расчетов активных зон реакторов типа ВВЭР.

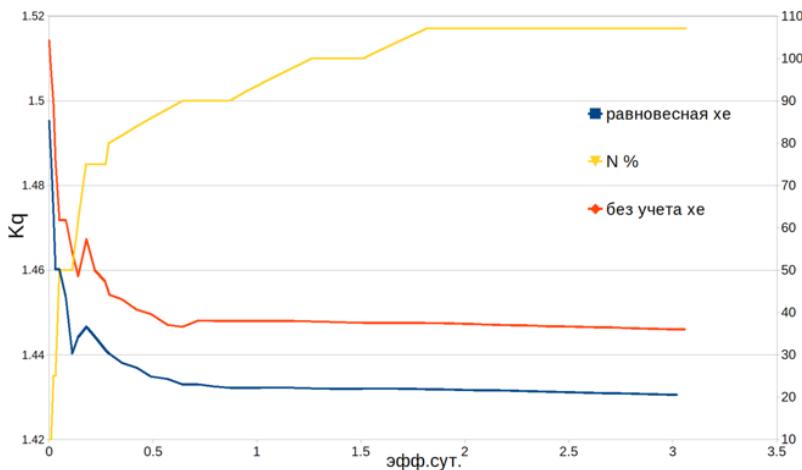


Рис. 1. зависимость K_q с минимальным запасом до уставки от уровня мощности при освоении мощности реактора

На рисунке 1 представлена зависимость K_q с минимальным запасом до уставки от уровня мощности при освоении мощности реактора. Расчет показывает, что присутствие ксенона в активной зоне положительно сказывается на неравномерности энерговыделения в активной зоне. Это означает, что с точки зрения влияния отравления ксеноном нет необходимости делать длительную выдержку: при поднятии уровня мощности концентрация ксенона временно уменьшается, потом увеличивается и выходит на стационарный уровень. Как видно из рисунка 1, при максимально возможной концентрации ксенона на определенном уровне мощности коэффициент неравномерности энерговыделения в активной зоне будет меньше, чем при расчете, где принимается нулевая концентрация ксенона.

Следовательно, концентрация ксенона в момент поднятия уровня мощности, которая является минимальной для данного уровня, обеспечивает наибольший коэффициент неравномерности для данного уровня. И, если данный коэффициент неравномерности на момент поднятия мощности не превышает значение уставки, то при дальнейшей выдержке он тем более не превысит уставку, так как увеличится концентрация ксенона и уменьшит неравномерность.

Также из рисунка 1 следует, что коэффициент неравномерности энерговыделения слабо меняется уже после этапа 90%Nном, что позволяет сократить время выдержки до количества

времени, необходимого только для анализа поля энерговыделения и тарировки АКНП.

Для сокращения времени выдержки на Nдоп с 24 до 12 часов на 3 и 4 энергоблоках были проведены расчеты Kr. Для подтверждения расчетных величин были получены данные из СВРК по итогам освоения мощности после 3, 4 ППР-24 (при этом положение управляющей группы ОР СУЗ (УГ ОР СУЗ) было такое же, какое принято в расчете). Результаты представлены в таблицах 1÷4.

Таблица 1

Расчетные значения Kr для 3 блока

Эфф.сут	Kr	N, МВт
0	1.62	1471.2
4.8	1.63	1471.2

Таблица 2

Фактические данные после 3ППР-24

дата	N, МВт	N, %	H6, см	Kr
13.08.2024 17:00:00	1465.83	106.61	217.27	1.63365

Таблица 3

Расчетные значения Kr для 4 блока

Эфф.сут	Kr	N, МВт
0	1.57	1471.2
25.2	1.56	1471.2

Таблица 4

Фактические данные после 4ППР-24

дата	N, МВт	N, %	H6, см	Kr
30.07.2024 00:00:00	1478.05	107.5	208.47	1.56322

Дополнительно сократить время проведения работ позволит изменение алгоритма увеличения мощности после завершения этапа 90%Nном и компенсации изменения реактивности, возникающее из-за отравления ксеноном. Изменение способа освоения с водообмена при неизменном положении УГ ОР СУЗ на освоение изменением положения УГ ОР СУЗ позволит сократить работы на один час за счет того, что пропадает необходимость перекомпенсации реактивности при поднятии УГ ОР СУЗ в фиксированное положение после «прогона группы» с 225 см до 175 см от низа активной зоны для поиска оптимального положения.

Такой алгоритм позволит увеличивать мощность в диапазоне с 90%Nном до Nдоп работой АРМ в режиме «Г», использовать меньше борного раствора и исключить использование чистого конденсата.

На этапе 75% Nном (длительностью 3 часа) проводится контроль и анализ распределения энерговыделения в активной зоне реактора, а также тарировка показаний АКНП. По анализу данных, полученных из СВРК, на этапе 75%Nном значение Kr меняется в пределах 0.002 за 3 часа выдержки, что позволяет сократить этап до времени, необходимого на сбор и анализ параметров энерговыделения и тарировку АКНП до 2 часов.

По итогам освоения мощности блоков № 1, 3, 4 в 2025 году с сокращенным до 12 часов временем выдержки на этапе Nдоп и по результатам оценки динамики изменения неравномерности поля энерговыделения в процессе выдержки можно сделать вывод о возможности дальнейшего сокращения этапа Nдоп с 12 часов до 6 часов.

Реализация данных предложений позволит быстрее завершить работы по программе и получить возможность маневрирования мощностью с номинальной скоростью раньше на:

- 19 часов для 1 и 2 энергоблоков;
- 25 часов для 3 и 4 энергоблоков.
- За счет сокращения времени проведения работ обеспечивается прирост энерговыработки за первые трое суток работы после ППР:
- по 88 000 кВт*ч для каждого из 1 и 2 энергоблока;
- по 337 150 кВт*ч для каждого из 3 и 4 энергоблока.

Литература

1. Голянд Л.Н. Анализ и синтез системы управления энергоблока с реактором ВВЭР // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Динамика ядерных энергетических установок. Вып 1. М.: Атомиздат, 1971.

2. Реакторная установка. Методика расчета допустимых режимов работы реактора ВВЭР-440 на основе введения новых проектных пределов применительно к используемой СВРК. ОКБ «Гидропресс», 2002.

УДК 620.4

Технология накопления энергии в промышленных масштабах на российских АЭС с применением метода криогенного аккумулирования (LAES)

¹Королев Владислав Юрьевич, инструктор Учебно-тренировочного центра

²Солохин Ярослав Сергеевич, инженер ОИТПЭ

³Тюкульмин Сергей Николаевич, академик международной Академии холода, заслуженный испытатель космической техники России, почетный строитель России.

^{1,2}АО «Концерн Росэнергоатом» Ленинградская АЭС

³Университет ИТМО, Международная академия холода

Рассмотрен и теоретически обоснован способ накопления энергии в промышленных масштабах на российских АЭС с применением метода криогенного аккумулирования (LAES), обладающий рядом ключевых преимуществ по сравнению с традиционными способами накопления энергии

Электроэнергетика, как отрасль промышленности характеризуется рядом технологических особенностей. Во-первых, это совпадение во времени процессов производства, передачи и потребления электроэнергии. Во-вторых, непрерывность этих процессов, вынуждающая непрерывно

эксплуатировать оборудование по всей технологической цепочке. В-третьих, потребление электроэнергии рядом потребителей и энергосистемы в целом непрерывно изменяется в течение суток, недель, сезонов года. Неравномерность потребления электроэнергии создает определенные трудности, в частности, покрытие пиковых нагрузок и прохождениеочных провалов.

Эта проблема усугубляется не только сложностью создания идеальных графиков потребления электроэнергии, но и устойчивой тенденцией укрупнения маломаневренных энергоблоков на тепловых и атомных электростанциях (ТЭС и АЭС).

Для АЭС работа в переменном режиме по условиям надежности и экономичности нежелательна. В связи с этим, для мощных ТЭС и АЭС становится проблематичным прохождение ночного провала нагрузки при диспетчерских ограничениях.

Для решения технических проблем, связанных с необходимостью обеспечения соответствия производства и потребления электроэнергии могут применяться следующие способы:

- 1) «подстраивание» процесса производства под процесс потребления и наоборот;
- 2) накопление излишков энергии в период минимального потребления и ее выдача в периоды максимального потребления, т.е. *аккумулирование электроэнергии* в промышленных масштабах.

Суть проекта заключается в использовании криогенного аккумулирования избыточной мощности – Liquid Air Energy Storage (LAES), где избыток электроэнергии преобразуется в жидкий воздух, который затем используется для обратной генерации электроэнергии в пиковые часы нагрузок по энергопотреблению.

Предложение относится к области энергетики, а именно к генерации электроэнергии на тепловых электростанциях (АЭС, ТЭЦ, ТЭС) – далее ТЭ, снабженных паровыми турбогенераторными установками. ТЭ должны иметь в своем составе искусственные или использовать природные водоемы-охладители.

Предложение состоит в применении следующего теплообменного цикла:

- Использование криогенного аккумулирующего кластера (далее – СНЭ LAES) в составе комплекса оборудования ТЭ, для аккумулирования избыточно вырабатываемой электроэнергии в период снижения потребления электроэнергии (в ночное время и утреннее время дня, сезонные колебания) в виде сжиженных газов, получаемых с использованием избыточных генерируемых мощностей;
- Использование накопленных запасов сжиженного газа для дополнительной генерации электроэнергии в энергосистему в периоды пиковой нагрузки, с использованием прямоточной газовой турбогенераторной установки (далее – БГТУ) и в качестве резервного надежного источника обеспечения собственных нужд, защиты оборудования непрерывного цикла для обеспечения безопасности эксплуатации;
- Использование сжиженного воздуха для разделения на фракции в периоды накопления (кислород, азот) и извлечение редких компонентов (криптон, аргон, ксенон и других) с целью

их реализации в виде товарного продукта с целью применения в медицине, космической технике, научных исследованиях в качестве газообразных химических компонентов и низко потенциального энергоносителя (для охлаждения оборудования и кондиционирования);

- Использование низко потенциальной горячей циркуляционной воды в цикле ТЭ, для более эффективного испарения и расширения сжиженных газов, поступающих на БГТУ с целью повышения КПД комплекса СНЭ-LAES, и одновременное дополнительное охлаждение циркуляционной воды, поступающей на охлаждение в конденсаторы ТЭ, как следствие – повышение КПД паровой турбогенераторной установки ТЭ в периоды летней повышенной температуры окружающего воздуха.

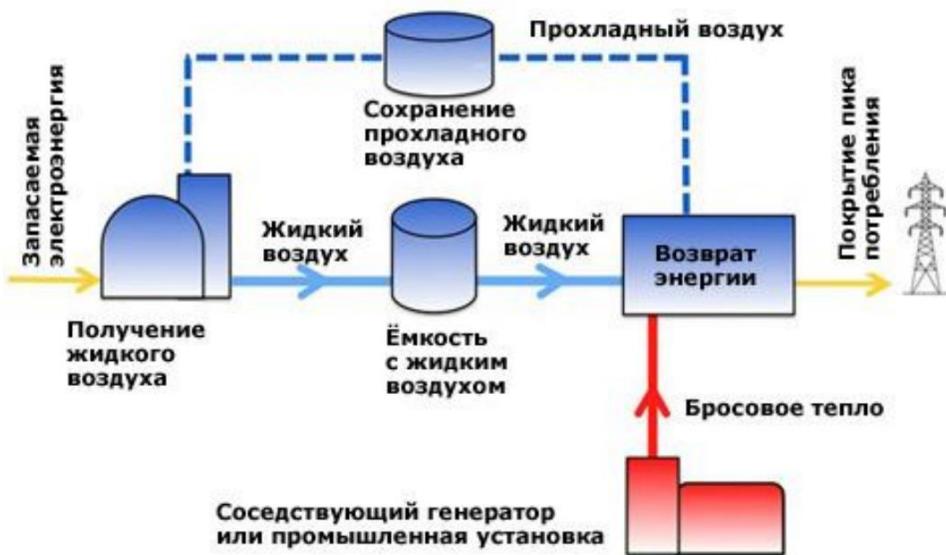


Рис.1. Структурная схема СНЭ-LAES

Примечание: При использовании всех запасов сжиженного воздуха из криохранилища цикл накопления повторяется, либо производится постоянное пополнение его оперативного запаса от внешнего источника.

Преимущества применения СНЭ LAES приведены ниже.

- Использование LAES-кластера в составе комплекса ТЭ (АЭС или крупной ТЭЦ) для аккумулирования избыточной генерируемой электроэнергии (в ночное время, периоды минимального потребления, сезонные колебания), повышает эффективность генерации, увеличивает суммарный КПД ТЭ, а также может применяться для резервирования электроэнергии для систем, важных для безопасности АЭС.
- Хранение энергии в виде сжиженного воздуха в наземных изолированных криогенных резервуарах, регенерация энергии путем испарения в пиковые часы и направления газа под давлением в турбогенераторную установку.
- Совмещение работы с тепловыми циклами ТЭ (АЭС) — использование горячей циркуляционной воды для испарения и расширения сжиженного воздуха, что одновременно повышает КПД паровой турбины за счёт охлаждения оборотной воды, поступающей в конденсатор. Заметно снижает тепловые нагрузки на систему обратного водоснабжения с

градирнями, особенно в летний период.

Криогенный аккумулирующий кластер представляет собой комплекс оборудования, зданий и сооружений, трубопроводов и арматуры, закрытых тепло-изолированных подземных и или наземных хранилищ сжиженного воздуха, а также электро-генерирующего и электро-коммутационного оборудования, объединенного с целью аккумулирования избыточной мощности в форме сжиженного охлажденного газа (воздуха), с последующей генерацией электроэнергии (товарного качества), используя накопленную энергию, при регулируемом испарении сжиженного воздуха.

В состав СНЭ-LAES должно входить следующее оборудование:

1. Воздухозаборные устройства различного исполнения.
2. Воздухоочистительные устройства, отдельно стоящие, или находящиеся в составе воздухозаборного устройства с осушением атмосферных паров воды.
3. Радиаторы и теплообменники, воздушного и жидкостного охлаждения, различного исполнения, имеющие различную площадь теплообменной поверхности.
4. Газовые компрессорные установки различной мощности и исполнения.
5. Турбодетандеры для получения сжиженных газов.
6. Крионасосы для перекачки сжиженных газов.
7. Испарители и расширители, имеющие контакт с циркуляционной водой ТЭ, поступающей из конденсатора паровой турбины в пруд-охладитель (открытый водоем).
8. БГТУ, состоящей из:
 - Газовой турбины, соединенной с генератором.
 - Генератора и электро-коммутационного оборудования, присоединенного к энергосетям, для преобразования и передачи электроэнергии потребителям.

Положительные отличия применения СНЭ-LAES от других накопителей:

- Длительное хранение – от 8 до 100 и более часов с минимальными потерями.
- Применение штатного турбинного оборудования – газовые турбины, компрессоры, теплообменники промышленного исполнения.
- Отсутствие деградации по циклам – срок службы более 30 лет.
- Возможность интеграции с источниками низкопотенциального тепла и холода.

Примеры успешных реализованных и планируемых проектов СНЭ

1. Великобритания
 - Highview Power, Pilsworth — демонстрационный проект 5 МВт / 15 МВт·ч.
 - Carrington (Манчестер) — 50 МВт / 300 МВт·ч, инвестиции около £300 млн, ввод в эксплуатацию ожидается в 2026 году.
 - Планы на объекты 2,5 ГВт·ч — ряд проектов будущего для национальной сети (GRID)
2. США
 - Highview + Encore, Вермонт — планируемый объект 50 МВт / 400 МВт·ч, в 2019 году.

Поддержка со стороны Министерства энергетики США (DOE), в рамках программы LDES.

Ниже приведен сравнительный анализ ключевых параметров литий-ионной аккумуляторной батареи с предлагаемым решением.

1. Li-ion батареи: CAPEX: \$200–400/кВт·ч (utility-scale). Эффективны для хранения до 2–6 часов. Срок эффективной службы — 10–15 лет.

2. СНЭ-LAES Первые проекты – CAPEX выше (\$300–1200/кВт·ч), потенциал снижения стоимости при масштабировании значительный (сравним с Li-ion батареями).

- LCOS (приведённая стоимость хранения энергии) – перспективно ниже при длительном хранении (>8 часов).

- Срок службы — 30+ лет, отсутствие деградации по циклам.

Диапазоны CAPEX (\$/кВт·ч): сравнение Li-ion и СНЭ-LAES.

- Li-ion дешевле на старте инвестиций, но проигрывает при долгих сроках службы и длительном хранении.

- СНЭ-LAES дороже на первых этапах реализации проекта, но даёт преимущество по LCOS. Удорожание, в основном, из-за отсутствия промышленного тиражирования технологии.

Масштабируемость LAES-проектов (МВт·ч): от пилотных 2,5–15 МВт·ч до коммерческих сотен и планируемых тысяч МВт·ч. Что также дает преимущество для проекта СНЭ-LAES.

Таблица 1

Сравнение КПД при использовании технологий аккумулирования электроэнергии между СНЭ-LAES и Li-ion

Технология	Энергоёмкость	Масштабируемость
Li-ion	85–95%	Самая высокая эффективность среди аккумуляторов; быстрый отклик; потери на саморазряд минимальны
СНЭ-LAES	50–70% (с добавлением рекуперации тепла до 70%)	КПД зависит от схемы рекуперации тепла; без тепла ~50%; но LAES хорошо подходит для больших энергосистем и длительного хранения
Li-ion	150–250 Wh/kg	Ограничено химией накопителей, дорогая большая ёмкость
СНЭ-LAES	~2–6 kWh/kg воздуха	Можно масштабировать до сотен МВт / ГВт; выгодно для энергосетей (РАО ЕС)

Таблица 2

Продолжительность эксплуатации при деградации систем аккумулирования

Технология	Циклы	Потери эффективности
Li-ion	3000–5000 циклов	Постепенная деградация ёмкости (от 1 % в год)
LAES	>10,000 циклов	Минимальная деградация; основной износ оборудования - воздушные компрессоры и турбины

- Li-ion: эффективен для быстрых, компактных систем (например, для пикового управления мощностью на небольших станциях ВИЭ или на электротранспорте).

- LAES: более подходит для масштабных сетевых решений (в том числе на крупных АЭС, ТЭС, др.), с хранением энергии на часы и дни, несмотря на сравнительно меньший КПД.

Сравнительная таблица СНЭ-LAES vs Li-ion

Параметр	LAES	Li-ion	Комментарий
Длительность хранения	8–100 ч	2–6 ч (реже 8 ч)	LAES подходит для long-duration
CAPEX (\$/кВт·ч)	300–1300 (первые проекты)	200–400	Li-ion дешевле на старте
LCOS*	\$0.05–0.15/кВт·ч (перспективно)	\$0.1–0.3/кВт·ч	LAES выгоднее при длительном хранении
Срок службы	30+ лет	8–12 лет	LAES дольше и без деградации
Безопасность	Не горюч, нет риска пожара и взрыва	Риск теплового разгона	Преимущество LAES
Экологичность	Воздух как рабочее тело	Зависимость от лития и кобальта	LAES экологичнее в долгосрочном плане

* LCOS — Levelized Cost of Storage (приведённая стоимость хранения энергии, \$/кВт·ч), метрика для сравнения разных технологий с учётом всего жизненного цикла.

Для минимизации финансовых расходов на НИОКР и капитальные затраты по созданию отечественного крио-кластера с аккумулированием энергии на сжиженном воздухе целесообразно предложить совместить пилотный проект с модернизацией или строительством штатной азотной-кислородной станции (АКС) на отдельно взятой АЭС.

Предложение имеет высокий потенциал для применения в атомной энергетике, причем не только в области эффективного энергосбережения, но и высокую отдачу в части маржинальности проекта. Внедрение промышленных систем LAES имеет высокую инвестиционную привлекательность, решает проблемы неравномерности генерации возобновляемых источников энергии (ВИЭ), соответствует целям «зеленой» энергетики, и самое главное, соответствует национальной стратегии в области энергетической безопасности Российской Федерации.

Литература

1. Санников В.А. Продавцы воздуха: Криоэнергетика // Popmech.ru 2012 URL: <http://www.popmech.ru/article/11066-prodavtsyi-vozduha/> (дата обращения: 25.03.2013)
2. Синюгин В.Ю. Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике // М. : Энас, 2008. – 352.
3. Ковалев Л.К. Криогенные источники и преобразователи энергии автономных электроэнергетических комплексов (диссертация доктора технических наук 05.09.01 Москва 1996 г.)
4. Суровцев Н.О. «Перспективы использования криогенных аккумулирующих электростанций в энергетике России». материалы IX Всероссийской конференции «Молодежь и наука» Секция энергетика, - 2013.
5. «Криогенные системы накопления и хранения энергии». ESFC Investment Group URL: <http://www.popmech.ru> (последнее обращение 20.09.20203)
6. «Криогеника. Криогенная электростанция». Popmech.ru, 2012 URL: <http://www.popmech.ru> (последнее обращение 20.09.2025)
7. Reshaping renewables for an always on world Highview Power. 2011

8. Научно-фантастический рассказ «Воспоминания о будущем». Давлад Сибиряков, изд. Ридеро 2021.

УДК 355.237

Применение технических средств обучения при подготовке персонала АЭС

Кравцов Сергей Вячеславович, начальник отдела подготовки оперативного персонала
учебно-тренировочного центра

Бобович Виктория Алексеевна, руководитель группы аккредитации и сохранения критически
важных знаний учебно-тренировочного центра

Государственное предприятие «Белорусская АЭС», республика Беларусь

*В статье рассмотрена номенклатура технических средств обучения, используемых
учебно-тренировочным центром Белорусской АЭС, обобщен опыт их применения в рамках
подготовки персонала станции*

Одним из важнейших условий обеспечения безопасной эксплуатации атомных электростанций является соответствующий действующим нормативным актам уровень квалификации персонала, повышение которого является ключевой задачей учебно-тренировочных центров (УТЦ), действующих на базе АЭС, в том числе и Белорусской АЭС [1, 2]. Вследствие этого, обучение персонала – одно из основных направлений деятельности государственного предприятия «Белорусская АЭС», от которого зависит безопасность производства на всех этапах жизненного цикла.

Цели, задачи и показатели безопасности в отношении обучения и аттестации разрабатываются согласно «Политике в области обеспечения безопасности «Белорусская АЭС», а также «Политике в области подготовки, поддержания и повышения квалификации персонала государственного предприятия «Белорусская АЭС», безопасность является безусловным приоритетом в деятельности персонала АЭС. Численность персонала УТЦ определяется штатным расписанием предприятия. Организационная структура, обязанности, уровни полномочий, задачи и функции УТЦ определены в «Положении об учебно-тренировочном центре».

Сооружение здания УТЦ Белорусской АЭС началось в 2014 году, а 4 мая 2015 года соответствующая появилась в штатном расписании Белорусской АЭС, официальный ввод УТЦ в эксплуатацию состоялся 4 января 2016 года.

На сегодняшний день на базе УТЦ имеется возможность осуществлять образовательную деятельность в части реализации программ дополнительного образования взрослых, таких как

- образовательная программа профессиональной подготовки рабочих (служащих),
- образовательная программа переподготовки рабочих (служащих),
- образовательная программа повышения квалификации рабочих (служащих),
- образовательная программа курсов целевого назначения,
- образовательная программа повышения квалификации руководящих работников и

специалистов.

Последняя из перечисленных программ относится к лицензионному виду деятельности. Государственным предприятием «Белорусская АЭС» получена Лицензия на образовательную деятельность от 10.10.2024 № 33240000081148 для реализации программы повышение квалификации руководящих работников и специалистов не только государственного предприятия «Белорусская АЭС», но и сторонних организаций. По итогам прохождения государственной аккредитации, 22 мая 2025 года Департаментом контроля качества образования Министерства образования Республики Беларусь был выдан сертификат об аккредитации, что дало право государственному предприятию «Белорусская АЭС» выдавать свидетельство о повышении квалификации руководящих работников и специалистов государственного образца.

За 9 месяцев 2025 года на базе УТЦ было обучено:

- по образовательным программам профессиональной подготовки, переподготовки и повышения квалификации рабочих (служащих) – 85 человек;
- по образовательным программам повышение квалификации руководящих работников и специалистов – 20 человек;
- по программам курсов целевого назначения – 509 человек.

Важнейшим фактором, определяющим качество освоения слушателями образовательных программ, является материально-техническая база, на котором проводится обучение персонала [3, 4]. УТЦ располагает разнообразным набором технических средств обучения, среди которых полномасштабный тренажер реакторной установки (ПМТ), аналитический тренажер реакторной установки (АТ), тренажеры и макеты отдельных систем и оборудования, в том числе местных щитов управления, а также стенды, моделирующие выполнение работ на оборудовании АЭС в различных режимах, компьютерные обучающие системы и др.

Наибольший интерес представляют технические средства обучения с использованием моделей технологических процессов АЭС, что позволяет гораздо глубже изучить процессы, проходящие в различных узлах энергоблока в том или ином режиме, а также их взаимное влияние друг на друга. Примером таким средств обучения являются различные тренажеры, в частности, при обучении персонала на базе УТЦ Белорусской АЭС используются:

- полномасштабный тренажер реакторной установки (ПМТ),
- аналитический тренажер реакторной установки (АТ),
- локальный тренажер системы контроля и управления противопожарной защиты;
- тренажеры местных щитов управления:
- локальный тренажер центрального пульта управления;
- локальный тренажер системы управления машины перегрузочной МПС-В-1200.

Полномасштабный и аналитический тренажеры предназначены для первичной подготовки и переподготовки оперативного персонала блочного пульта управления, использования в качестве

программно-технического средства при аттестации новых операторов блочного пульта управления, разработки процедур эксплуатации и программ обучения для повышения квалификации оперативного персонала, обучения инструкторов учебного центра, моделирования реальных происшествий на Белорусской АЭС и их анализа.



Рис. 1. Подготовка персонала на полномасштабном тренажере

Технические средства полномасштабного тренажера (Рис. 1) включают в себя следующие составные части:

- вычислительный комплекс, состоящий из главного моделирующего сервера, сервера систем верхнего блочного уровня и сервера системы ввода-вывода;
- система ввода-вывода;
- имитатор блочного пульта управления;
- имитатор резервного пульта управления;
- рабочее место инструктора;
- система электропитания, оборудование локальной сети;
- системы видео-аудио наблюдения, связи;
- системы анализа действий оператора;
- система контроля и управления противопожарной защитой.

Технические средства аналитического тренажера (Рис. 2) включают в себя следующие составные части:

- вычислительный комплекс;
- рабочее место оператора;
- рабочее место инструктора;
- панели «Маруся», эмулирующие панели и пульты блочного пульта управления/ резервного пульта управления энергоблока.

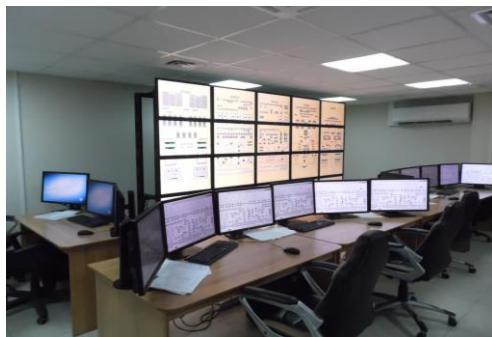


Рис. 2. Внешний вид аналитического тренажера

Тренажер системы контроля и управления противопожарной защиты применяется для первичной подготовки на должность персонала электрического цеха и службы безопасности, поддержания квалификации аттестованного персонала, обучения правильной, безопасной и безаварийной эксплуатации оборудования системы, отработки взаимодействия в составе смены персонала электрического цеха, обучения инструкторов учебного центра, апробирования новых технических решений.

Тренажер центрального пульта управления применяется для первичной подготовки на должность персонала центрального пульта управления, переподготовка эксплуатационного персонала, обучения правильной, безопасной и безаварийной эксплуатации электрооборудования АЭС; отработки навыков выполнения переключения и изменений режимов работы электрооборудования, выявления причин отказов и аварий, ликвидации аварий и отклонений от режима нормальной эксплуатации электрооборудования; отработки действий персонала при ликвидации пожаров. Технические средства тренажера центрального пульта управления (Рис. 3) включают в себя следующие составные части:

- вычислительный комплекс, состоящий из главного моделирующего сервера, серверов систем среднего и верхнего уровня и сервера системы ввода-вывода
- система отображения информации коллективного пользования
- компьютеры имитации стоек релейной защиты и автоматики
- рабочие места операторов
- рабочее место инструктора
- система контроля и управления противопожарной защитой
- системы видео-аудио наблюдения, связи.



Рис. 3. Внешний вид тренажера центрального пульта управления

Тренажер системы контроля и управления водоподготовительной установки применяется для первичной подготовки на должность оперативного персонала химического цеха, поддержания квалификации, обучения правильной, безопасной и безаварийной эксплуатации оборудования, отработки навыков выполнения переключения и изменений режимов работы оборудования, ликвидации аварий и отклонений от режима нормальной работы оборудования; отработке взаимодействий в составе смены персонала химического цеха, апробирования новых технических решений. Технические средства тренажера системы контроля и управления водоподготовительной

установки (рис. 4) включают в себя следующие составные части:

- вычислительный комплекс, состоящий из главного моделирующего сервера, сервера системы верхнего блочного уровня,
- рабочее место инструктора,
- рабочие места операторов.

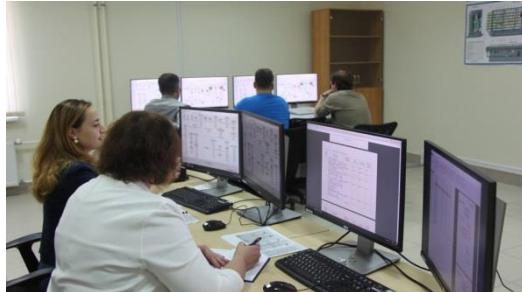


Рис. 4. Подготовка персонала на тренажере системы контроля и управления водоподготовительной установки



Рис. 5. Внешний вид тренажера системы контроля и управления противопожарной защиты

Тренажер системы контроля и управления противопожарной защиты применяется для первичной подготовки на должность персонала электрического цеха и службы безопасности, поддержания квалификации аттестованного персонала, обучения правильной, безопасной и безаварийной эксплуатации оборудования системы, отработки взаимодействия в составе смены персонала электрического цеха, обучения инструкторов учебного центра, апробирования новых технических решений. Технические средства тренажера системы контроля и управления противопожарной защиты (Рис. 5) включают в себя следующие составные части:

- комплекс специального оборудования, на котором установлено рабочее ПО прототипа СКУ ПЗ в объеме оборудования, моделируемого на тренажере;
- аппаратура программно-технических средств АПТС «Дубна»;
- групповой контроллер;
- приборы приемно-контрольные пожарные пусковые;
- стенд с установленными имитаторами технологического оборудования пожарными извещателями и пожарными оповещателями;
- стендовый компьютер.

Тренажер системы управления машины перегрузочной применяется первичной подготовки

на должность персонала участка перегрузки топлива цеха централизованного ремонта, поддержания квалификации; обучения правильной, безопасной и безаварийной эксплуатации оборудования перегрузочной машины АЭС; отработки навыков выполнения транспортно-технологических операций в различных режимах управления, выявления причин отказов; проведения учений с имитированием различного рода предаварийных и аварийных ситуаций на энергоблоке. Технические средства системы управления машиной перегрузочной (Рис. 6) включают в себя следующие составные части:

- вычислительный комплекс, состоящий из главного моделирующего сервера, сервера системы верхнего блочного уровня;
- рабочие места операторов, состоящие из имитатора секции управляющей; имитатора секции телевизионной; имитатора пульта местного управления;
- рабочее место инструктора.



Рис. 6. Внешний вид тренажера системы управления машины перегрузочной

В УТЦ на программном уровне реализована взаимосвязь различных ПМТ, локальных тренажеров ЦПУ, ВПУ, защищенного пункта управления противоаварийными действиями, что позволило осуществить более широкий комплекс мероприятий, направленных на совершенствование практических навыков персонала различных категорий.

В целом использование на базе УТЦ современных технических средств обучения позволило получить следующие результаты:

- в ходе проводимых на станции тренировок используется возможность имитации аварийных ситуаций в более широком спектре оборудования, что позволяет достигать синергетический эффект взаимодействия различных служб при проведении противоаварийных тренировок и задействовать большее количество персонала;
- обеспечивается возможность проведения системных тренировок с участием диспетчерской службы ГПО «Белэнерго», Министерства по чрезвычайным ситуациям и кризисным центром ВАО АЭС по максимально возможным, приближенным к реальности, сценариям;
- проводится комплексная подготовка и отработка взаимодействия персонала к работе в переходных режимах эксплуатации АЭС (набор и снижение мощности);
- осуществляется верификация станционных эксплуатационных и аварийных процедур;
- улучшаются коммуникации между оперативным персоналом различных цехов;

- в результате проведения тренировок выявляются и устраняются недостатки в используемых оперативным персоналом бланках переключений.

Литература

1. Крючков Э. Ф. Ядерное образование и обучение в России / Э.Ф Крючков // Безопасность Окружающей Среды. — Обнинск, 2010. — № 2. — С. 24–27.
2. Щебнев В. С. Ядерное образование и обучение в России / В. С. Щебнев, А. Г. Ильченко, А. Ю. Токов [и др.] // Вестник ИГЭУ. — Иваново, 2007. — № 2. — С. 1–4.
3. Середнев В. В. Новые подходы при тренажерном обучении оперативного персонала [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://mntk.rosenergoatom.ru/> (дата обращения 25.10.2025).
4. Новые подходы к тренировкам оперативного персонала подстанций = New Approaches to Drills of Substation Operators / Насыров Р. Р. [и др.]. - (Сообщения). - Текст : непосредственный // Электричество. - 2015. - № 8. - С. 52-58.

УДК 621.311

Идея вечного двигателя как катализатор научного процесса

Акинфиева Алена Андреевна, преподаватель кафедры

«Физика и естественнонаучные дисциплины»;

Егоров Владимир Евгеньевич, студент направления

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В данной работе рассматривается феномен так называемого «вечного двигателя» (perpetuum mobile). Анализируются истоки возникновения идеи его создания, ее интерпретация в различные исторические эпохи, а также деятельность исследователей, предпринимавших попытки реализовать данное устройство. Отдельное внимание уделяется методам, использовавшимся при подобных попытках, и тем значимым открытиям, которые были совершены благодаря стремлению к созданию вечного двигателя. Потребность человечества в источниках энергии на протяжении истории обеспечивалась различными технологиями: от использования силы воды и пара до современных высокотехнологичных решений. В условиях стремительного развития науки и техники вопрос поиска надежных и устойчивых энергетических систем становится особенно актуальным.

Цель работы заключается в рассмотрении причин невозможности существования вечного двигателя с точки зрения законов физики, а также в анализе потенциальных альтернативных источников энергии, которые могут обеспечить устойчивое развитие общества в будущем.

Вечный двигатель представляет собой гипотетическое устройство, способное функционировать неограниченно долго и производить большее количество полезной работы, чем количество сообщённой ему извне энергии (вечный двигатель первого рода), либо полностью

преобразовывать тепло от одного источника в работу (вечный двигатель второго рода). Подобные конструкции на протяжении столетий оставались предметом человеческих устремлений и символом поиска неиссякаемого источника энергии. Несмотря на многочисленные попытки их создания, идея вечного двигателя до настоящего времени остаётся нереализованной и противоречит фундаментальным законам физики.

Современная наука рассматривает вечный двигатель как принципиально невозможное устройство, так как его функционирование неизбежно противоречило бы фундаментальным законам термодинамики. Эти законы выступают в качестве универсальных и экспериментально подтверждённых закономерностей природы, формирующих основу физической картины мира (по крайней мере, на текущем уровне развития науки).

В соответствии с первым законом термодинамики (законом сохранения энергии) в замкнутой системе энергия не может возникнуть из ничего или исчезнуть бесследно – она лишь переходит из одной формы в другую. Следовательно, устройство, производящее работу без затрат энергии, невозможно [1].

Второй закон термодинамики утверждает, что в изолированной системе энтропия не убывает, то есть процессы самопроизвольно протекают в направлении увеличения беспорядка. В частности, тепло не может самопроизвольно переходить от области с более низкой температурой к области с более высокой температурой, полностью превращаясь в работу. Таким образом, вечный двигатель второго рода также исключён.

Тем не менее, на протяжении многих столетий энтузиасты предпринимали многочисленные попытки сконструировать подобные устройства. Рассмотрим кратко наиболее известные идеи и проекты «вечных» двигателей, сопровождавших развитие науки и техники.

Первые упоминания о конструкциях, напоминающих вечный двигатель, относятся к VIII веку. Согласно свидетельствам, в Баварии демонстрировалось так называемое «волшебное колесо», которое якобы вращалось непрерывно благодаря системе противовесов. Однако достоверных описаний или чертежей этого устройства не сохранилось.

Одним из первых известных проектов вечного двигателя, дошедших до наших дней, считается изобретение индийского математика, астронома и философа Бхаскары II (XII век). Он предложил модель колеса, снабжённого сосудами с ртутью, закреплёнными под различными углами. Предполагалось, что при вращении ртуть будет переливаться, смещая центр тяжести колеса и обеспечивая его непрерывное движение. Несмотря на нереализуемость этой идеи, конструкция Бхаскары послужила толчком к осмыслению принципов сохранения энергии и в дальнейшем способствовала формированию закона сохранения энергии.

В XVI веке итальянский механик Странд Старший (1575) разработал схему, в основе которой лежал принцип «самопитающейся» гидравлической системы. Вода с помощью архимедова винта поднималась в верхний резервуар, затем по лотку поступала на лопатки

водяного колеса, вращавшего точильный камень и одновременно снова приводившего в действие тот же архимедов винт. Несмотря на многочисленные модификации, данная конструкция оказалась неработоспособной.

К теме вечного двигателя обращался и Леонардо да Винчи, в рукописях которого сохранились эскизы подобных устройств. Впрочем, учёный пришёл к выводу о невозможности создания такого механизма.

Интересным примером добросовестной, но ошибочной попытки можно считать проект двигателя Конгрива. Он представлял собой систему губок, натянутых вокруг деревянной рампы. Конгрив предполагал, что за счёт капиллярного эффекта губки, смачиваясь водой, будут изменять свой вес, что приведёт к непрерывному движению конструкции [2].

К числу исследователей, предпринимавших попытки создать вечный двигатель, относятся также: Корнелиус Дреббель (Голландия, 1607) – изобретатель подводной лодки и один из создателей микроскопа; Роберт Бойль (Англия, 1685) – выдающийся физик и химик, первооткрыватель закона Бойля–Мариотта; Иоганн Бернулли (Швейцария, 1686) – математик, один из основателей математического анализа; Георг Бёклер (Германия, 1686) – архитектор, занимавшийся также механическими проектами; Иоганн Бесслер (Германия, 1712) – врач, алхимик и механик, широко известный благодаря демонстрации вращающегося колеса.

Следует отметить, что ни один из перечисленных проектов не оказался работоспособным. Более того, некоторые демонстрации оказывались мистификациями: так, колесо Бесслера, как выяснилось позднее, приводилось в движение служанкой, тянувшей за верёвку в соседнем помещении.

В 1775 году Парижская королевская академия наук официально объявила о прекращении рассмотрения проектов, связанных с созданием вечного двигателя. Это решение стало важной вехой в истории науки, поскольку отражало накопленный опыт и осознание несостоятельности подобных идей.

Окончательный теоретический ответ на вопрос о возможности вечного двигателя был дан в конце XVIII – начале XIX века с открытием фундаментальных законов термодинамики и закона сохранения энергии. Эти открытия убедительно показали, что создание устройства, функционирующего бесконечно без притока энергии извне, противоречит объективным законам природы.

Тем не менее, несмотря на научно обоснованное отрицание, идея вечного двигателя продолжает вызывать интерес. Даже в современную эпоху предпринимают попытки его конструирования, а в массовом сознании сохраняется вера в возможность создания неиссякаемого источника энергии.

Человечество на протяжении веков продолжало искать неиссякаемые источники энергии, в результате эти поиски способствовали развитию технологий, основанных на использовании

возобновляемых природных ресурсов.

Одним из древнейших устройств, использующих энергию возобновляемых источников, стало водяное колесо, известное с IV тысячелетия до н. э. Оно применялось для орошения полей сельскохозяйственных культур, измельчения зерна и снабжения поселений водой.

Современным аналогом являются гидроэлектростанции (ГЭС), преобразующие кинетическую энергию водного потока в электрическую энергию с помощью турбин, приводимых в действие разностью уровней воды.

Интересный вариант – ротор Дарье (1931), первоначально разработанный для использования энергии ветра. Он состоит из аэродинамических лопастей, закреплённых на радиальных балках, и работает по принципу «подъёмного крыла». В ряде проектов ротор Дарье применялся также для преобразования энергии течения воды, однако такие установки требуют высокоточных инженерных расчётов.

Самым ранним примером использования ветровой энергии можно считать парус, применяющийся для движения судов. Современные технологии представлены ветрогенераторами, которые преобразуют кинетическую энергию воздушных масс в электрическую. Вращение лопастей передаётся через систему приводов на генератор, в котором статор и ротор производят электрический ток [4].

Прямое преобразование солнечного излучения в электрическую энергию осуществляется с помощью солнечных фотоэлектрических панелей, состоящих из фотоэлементов – полупроводниковых преобразователей. Эти технологии относятся к области гелиоэнергетики.

Развитие солнечной энергетики имеет глубокие исторические корни. В 1839 году Александр Эдмон Беккерель обнаружил фотогальванический эффект. Позднее Чарльз Фритц использовал селен для преобразования света в электричество, а итальянский фотохимик Джакомо Луиджи Чамичан разработал первые прототипы фотоэлементов. Сегодня солнечные батареи используются как в миниатюрных устройствах (например, калькуляторах), так и в крупных электростанциях.

Одним из наиболее популярных среди энтузиастов вариантов остаётся идея магнитного двигателя, в котором магниты, расположенные по кругу, должны поддерживать бесконечное вращение ротора. Однако такие проекты неизменно оказываются несостоительными: во всех случаях присутствует внешний источник энергии, который скрывается разработчиками.

Показательным примером стал проект двигателя Orbo, представленный в 2006 году. Установка позиционировалась как «вечный магнитный двигатель», однако при отключении источника питания устройство немедленно останавливалось, что подтвердило его несостоительность.

Особое значение в истории техники имеет развитие тепловых двигателей. В 1824 году французский инженер и физик Сади Никола Леонардо Карно разработал теоретическую модель

тепловой машины, вошедшую в историю как цикл Карно. Этот цикл описывает максимально возможный коэффициент полезного действия теплового двигателя и стал основой для дальнейшего развития термодинамики.

Применение тепловых машин способствовало началу промышленной революции и стало фундаментом для развития паровых двигателей.

Примером устройства, работающего за счёт внешних природных факторов, можно назвать часы Кокса (1760-е годы), созданные Джеймсом Коксом и Джоном Джозефом Мерлином. Механизм использовал изменения атмосферного давления и температуры с помощью ртутного барометра. Несмотря на заявления об их «вечности», фактически часы зависели от внешних источников энергии и потому не могут считаться вечным двигателем.

В поисках альтернатив вечному двигателю человечество обращается не только к возобновляемым источникам энергии, но и к перспективным концепциям, находящимся на стыке реальной науки и гипотетических астроинженерных проектов [6].

Одним из наиболее значимых направлений развития ядерной энергетики являются реакторы на быстрых нейтронах. Их принципиальной особенностью является отсутствие замедлителей нейтронов, что приводит к сохранению спектра энергий нейтронов, близкого к энергии деления (~ 10 МэВ).

Такие реакторы способны преобразовывать обеднённый уран и отработанное ядерное топливо в новые виды топлива, формируя замкнутый цикл использования ядерных ресурсов. Это позволяет увеличить коэффициент использования ядерного топлива с $\sim 3\%$ до $\sim 30\%$, что открывает перспективу стабильного развития атомной энергетики на многие тысячелетия.

К числу гипотетических инженерных проектов относится кольцо Нивена – искусственная конструкция в экваториальной плоскости звезды, вращение которой обеспечивает баланс между центробежной силой и гравитацией светила.

Ключевая особенность данного кольца заключается в его колоссальной площади внутренней поверхности, пригодной для обитания, которая в миллионы раз превышает поверхность планет, находящихся на той же орбите.

Основные параметры (по описаниям во второй книге серии Ларри Нивена):

- Диаметр ~ 1 астрономическая единица;
- Окружность $\sim 9,6 \times 10$ миллионов км;
- Ширина $\sim 1,6 \times 10$ миллионов км;
- Площадь поверхности $\sim 3 \times 10^{14}$ км² (около 3 млн. поверхностей Земли);
- Условная сила тяжести $\sim 0,992$ г;
- Период вращения $\sim 7,5$ дней;
- Краевые стены высотой около 1600 км для удержания атмосферы.

Несмотря на фантастический характер идеи, концепция Нивена стимулирует размышления

о возможных формах использования энергии и пространства в далёком будущем.

Другим гипотетическим проектом является сфера Дайсона, предложенная физиком Фрименом Дайсоном в середине XX века. Она представляет собой тонкую оболочку или систему сооружений, окружающих звезду и предназначенных для максимального улавливания её энергии.

Сфера Дайсона рассматривается не только как способ обеспечить цивилизацию колоссальными энергетическими ресурсами, но и как потенциальное решение проблемы ограниченности жизненного пространства. По расчётам для строительства сферы вокруг Солнца потребуется вещество массой порядка массы Юпитера.

Отсутствие наблюдаемых следов подобных структур у других звёзд служит одним из аргументов в пользу парадокса Ферми – вопроса о том, почему человечество до сих пор не обнаружило следов высокоразвитых цивилизаций [3].

История поиска вечного двигателя представляет собой яркий пример того, как стремление человечества к созданию неиссякаемого источника энергии стимулировало развитие науки и техники. От первых наивных проектов – колеса Бхаскары, водяных и магнитных машин – до фундаментальных открытий законов термодинамики прошло несколько веков. Именно осознание невозможности существования вечного двигателя привело к формированию современных представлений об энергии и её преобразованиях.

Современная энергетика в значительной степени опирается на возобновляемые источники энергии, такие как вода, ветер, солнечное излучение и тепло, которые доказали свою эффективность и стали основой устойчивого развития цивилизации. Эти технологии не только обеспечивают человечество энергией, но и способствуют снижению негативного воздействия на окружающую среду.

В то же время научное сообщество продолжает рассматривать перспективные направления будущего. Реакторы на быстрых нейтронах открывают возможность замкнутого ядерного цикла и эффективного использования ресурсов на тысячелетия вперёд. Гипотетические проекты астроинженерии – такие как кольцо Нивена и сфера Дайсона – пока остаются в области теории и научной фантастики, однако они расширяют горизонты человеческого мышления и позволяют задуматься о возможных формах существования высокоразвитых цивилизаций.

Таким образом, идея вечного двигателя, оказавшаяся физически невозможной, сыграла важную роль в развитии науки, став источником множества открытий и инженерных решений. Сегодня её символическое место занимает поиск устойчивых и инновационных энергетических систем, которые способны обеспечить человечеству долгосрочное будущее.

Литература

1. Елисеева, Е.Н. Использование нетрадиционных (возобновляемых) источников энергии в России и в мире: ключевые тенденции и перспективы / Е.Н. Елисеева, В.Г. Сероокий // Вестник Евразийской науки. – 2020 – № 5.

2. Зубова, Н.В. Возобновляемые источники энергии: учебно-методическое пособие / Н.В. Зубова, С.В. Митрофанов, Н.А. Филатьева. – Новосибирск: НГТУ, 2023. – 67с.
3. Ишмуратова, А.Р. Возобновляемые источники энергии и перспектива их развития в России / А.Р. Ишмуратова, О.А. Зыков // Дневник науки. – 2020. №4(40). – С. 44.
4. Пальчевская, Е. С. О преимуществах и недостатках ветроэлектростанций / Е. С. Пальчевская, М. В. Куимова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2015. – № 9 (89). – С. 479-480.
5. Романов, Р.В. Возобновляемые источники энергии в России: развитие и перспективы / Р.В. Романов // Научные записки молодых исследователей. – 2022. - № 3.
6. Юдиев, И.В. Возобновляемые источники энергии / И.В. Юдаев, Ю.В. Даус, В.В. Гамага. – 4-е изд., стер. – СПб: Лань, 2024. – 328 с.

УДК 621.17.013

Основы расчета когенерационной установки на базе паровой поршневой машины

Акинфиева Алена Андреевна, преподаватель кафедры

«Физика и естественнонаучные дисциплины»;

Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук,

профессор кафедры «Атомная энергетика»;

Майер Анастасия Владимировна, студент направления «Теплоэнергетика и теплотехника»

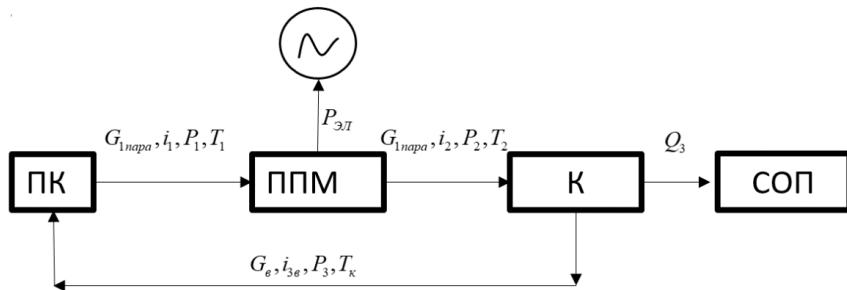
Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье рассмотрены особенности когенерационной установки на базе паровой поршневой машины и предложен подход к её термодинамическому анализу. Основное внимание уделено описанию методики, основанной на энталпийном балансе, позволяющем отразить преобразования энергии в трёх ключевых блоках цикла: паровой котёл – поршневая машина, поршневая машина – конденсатор, конденсатор – паровой котёл. Такой подход обеспечивает целостное представление о распределении тепловых и энергетических потоков, а также подчёркивает потенциал использования когенерационных установок данного типа в малой энергетике. Методика может служить основой для дальнейших практических исследований, оптимизации режимов работы и проектирования аналогичных энергосистем.

Когенерационные установки на базе поршневых паровых машин (ППМ) представляют интерес для малой энергетики благодаря простоте конструкции, надёжности и возможности комбинированного производства электрической и тепловой энергии. Для анализа таких установок удобно использовать энталпийный метод, позволяющий разложить схему на блоки и проследить при этом энергетические потоки. В данной работе представлен алгоритм расчета энталпий и мощностей по трём характерным участкам цикла:

- Блок 1: паровой котёл – ППМ;
- Блок 2: ППМ – конденсатор;
- Блок 3: конденсатор – паровой котёл.

Схема установки для анализа представлена на рисунке 1.



*Рис.1. Принципиальная теплотехническая схема когенерационной установки на базе паровой поршневой машины:
ПК – паровой котел; ППМ – поршневая паровая машина; К – конденсатор;
Г – генератор; СОП – система отопления потребителя*

В паровой котел загружается топливо, после чего вырабатываемый пар (рабочие тела) поступает на ППМ, вращая генератор, при этом выработанный электрический ток поступает к соответствующему потребителю. Отработавший пар от ППМ отправляется в конденсатор, где от него отводится теплота системой утилизации энергоустановки (водой), а получившийся конденсат вновь возвращается в паровой котел. Теплота от системы утилизации обеспечивает систему отопления потребителя (СОП).

Блок 1. Участок паровой котёл – поршневая паровая машина.

В первом блоке осуществляется подвод теплоты в паровом кotle, где рабочее тело – вода – последовательно проходит стадии нагрева и испарения. При этом энталпия воды, поступающей (возвращаемой) из конденсатора, существенно ниже энталпии перегретого пара, образующегося на выходе котла. Таким образом, котёл обеспечивает энталпийный прирост от состояния конденсата до состояния насыщенного пара. Количество подведенной теплоты в паровом кotle определяется разностью удельных энталпий на входе и выходе из котла. Именно этот процесс является основным источником тепловой энергии для всей установки и формирует начальные параметры пара, необходимые для работы поршневой машины. Процесс в кotle – изобарный нагрев воды, и превращение её в насыщенный пар.

Таким образом, паровой котёл обеспечивает прирост энталпии рабочего тела – пара, являющийся источником для преобразования теплоты пара в ППМ в механическую работу.

Блок 2. Участок поршневая паровая машина – конденсатор.

Во втором блоке происходит расширение пара в цилиндре паровой поршневой машины, сопровождающееся понижением его давления и температуры. Это участок, где часть энталпийной величины рабочего тела преобразуется в механическую работу. Поршневая машина передаёт эту работу на вал электрогенератора, что обеспечивает выработку электрической

энергии. Разность энталпий пара до и после машины характеризует удельную работу расширения, а произведение этой величины на массовый расход пара даёт оценку вырабатываемой мощности. Далее отработанный пар поступает в конденсатор с пониженным давлением, сохраняя часть тепловой энергии. В ППМ протекает адиабатный процесс расширения пара, сопровождающийся снижением энталпии [2].

Блок 3. Участок конденсатор – паровой котел

В третьем блоке пар конденсируется и охлаждается до температуры, которая ниже температуры насыщения при давлении, имеющегося в конденсаторе. Этот процесс сопровождается значительным снижением энталпии и переходом рабочего тела в жидкое состояние. Конденсатор выполняет двойную функцию: во-первых, он обеспечивает замкнутость цикла, возвращая конденсат в котёл, во-вторых, он позволяет организовать отбор тепла для нужд полезного для теплоснабжения. Таким образом, энталпийный спад в конденсаторе частично используется для внешних потребителей тепла, что и обеспечивает когенерационный эффект установки. Давление конденсата на выходе остаётся примерно равным давлению конденсации, что позволяет без дополнительных потерь подать его в питательный насос, а затем в котёл. В конденсаторе пар отдаёт теплоту сначала при изотермической конденсации до насыщенной жидкости, а затем при охлаждении конденсата до температуры возврата в котёл.

Полученная тепловая мощность может быть передана в систему теплоснабжения. Этот участок фактически обеспечивает теплофикационный эффект когенерации, поскольку вся скрытая теплота парообразования и часть чувствительной теплоты воды используются в отопительной системе.

В ходе работы рассмотрена методика термодинамического анализа когенерационной установки на базе паровой поршневой машины. Использование энталпийного подхода позволило структурировать исследование по трём основным блокам цикла: котёл – поршневая машина, поршневая машина – конденсатор, конденсатор – котёл. Такой способ анализа даёт возможность проследить распределение и трансформацию энергии в установке, выделить источники механической и электрической работы, а также определить потенциал полезного отбора тепла. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения когенерационных схем на основе паровых поршневых машин в малой энергетике. Предложенная методика может быть использована для последующих практических расчётов, оптимизации режимов работы и проектирования аналогичных энергетических комплексов.

Литература

1. Ушаков, В. Я. Электроэнергетические системы и сети: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Я. Ушаков. – 2е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2024. – 393 с.
2. Сахин В.В. Устройство и действие энергетических установок. Кн. 1 Поршневые машины.

Паровые турбины: учебное пособие / В.В. Сахин; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2015 – 172 с.

3. Разуваев А.В., Редько И.Я. Актуальность создания МФЭТК на базе паро-поршневой машины. Сантехника. Отопление. Кондиционирование. № 2, - 2022, С. 60-63.

4. Разуваев А.В., Кобзев Р.А., Редько И.Я. Оценка экономической эффективности применения универсальной теплоэнергетической установки на базе поршневого парового двигателя Опубликовано по лицензии IOP Publishing Ltd журнал физики: серия конференций, Том 1652, 15-я Международная научно-техническая конференция (PESPC) 2020 6-9 октября 2020 года, Саратов, Российская Федерация <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1652/1/012023>

5. Разуваев А.В., Редько И.Я., Разуваев В.А. Разработка методов энергосбережения элементов теплоснабжения. Сантехника. Отопление. Кондиционирование. № 8 (260), 2023, С 32 – 36.

6. Редько И.Я., Разуваев А.В. К вопросу создания многофункциональных энерготехнологических комплексов // Энергия единой сети. - 2023. № 5–6.

7. Смирнова, М. В. Теоретические основы теплотехники: учебник для вузов / М. В. Смирнова. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 237 с.

УДК 621.039

Разработка инициирующей части предупредительной защиты

реактора ВВЭР-1000 на базе программной логики

¹Белопахова Алиса Алексеевна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

¹Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

²Пестова Евгения Дмитриевна, главный специалист

¹Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

²Акционерное общество «Русатом Автоматизированные системы управления», г. Москва

В статье рассматривается предупредительная защита атомной станции с реактором типа ВВЭР-1000. Проанализированы существующие принципы построения системы предупредительной защиты, сигналы, входящие в систему от датчиков технологических параметров и смежных систем. Разработаны принципиальная, структурная и функциональная схемы, подобрана элементная база для реализации инициирующей части на базе программной логики и разработана программа на языке FBD в среде ASTRA. IDE.

Предупредительная защита (ПЗ) – функция безопасности, обеспечиваемая системой контроля и управления реакторной установкой для предотвращения срабатывания аварийной защиты (АЗ) и нарушений пределов и условий безопасной эксплуатации. Предупредительная

защита предназначена для формирования аварийных команд на запрет повышения мощности реактора или снижения мощности до безопасных пределов.

Предупредительная защита, построенная на базе «жесткой логики», подразумевает использование фиксированных, заранее заданных алгоритмов и схем, что делает систему менее адаптивной к изменяющимся условиям эксплуатации и новым угрозам. В случае необходимости изменения или улучшения системы требуется затратный процесс разработки и внедрения нового оборудования.

Актуальность работы состоит в том, что разработка предупредительной защиты, основанной на программной логике, может помочь минимизировать риски, связанные с человеческим фактором и техническими сбоями. В современных условиях, когда требования к безопасности возрастают, применение программной логики позволяет создавать более гибкие и эффективные системы защиты, так как системы, построенные на «жесткой» логике, имеют сложность в полной их реконструкции и цифровизации на атомных станциях старшего поколения с реактором ВВЭР-1000.

В статье рассматривается разработка инициирующей части предупредительной защиты атомной станции на базе программной логики, реализованной на языке программирования FBD.

На основании изученных сведений о принципе работы предупредительной защиты [1], входных и выходных сигналах, а также взаимосвязях со смежными системами разработана структурная схема инициирующей части предупредительной защиты, представленная на рисунке 1.

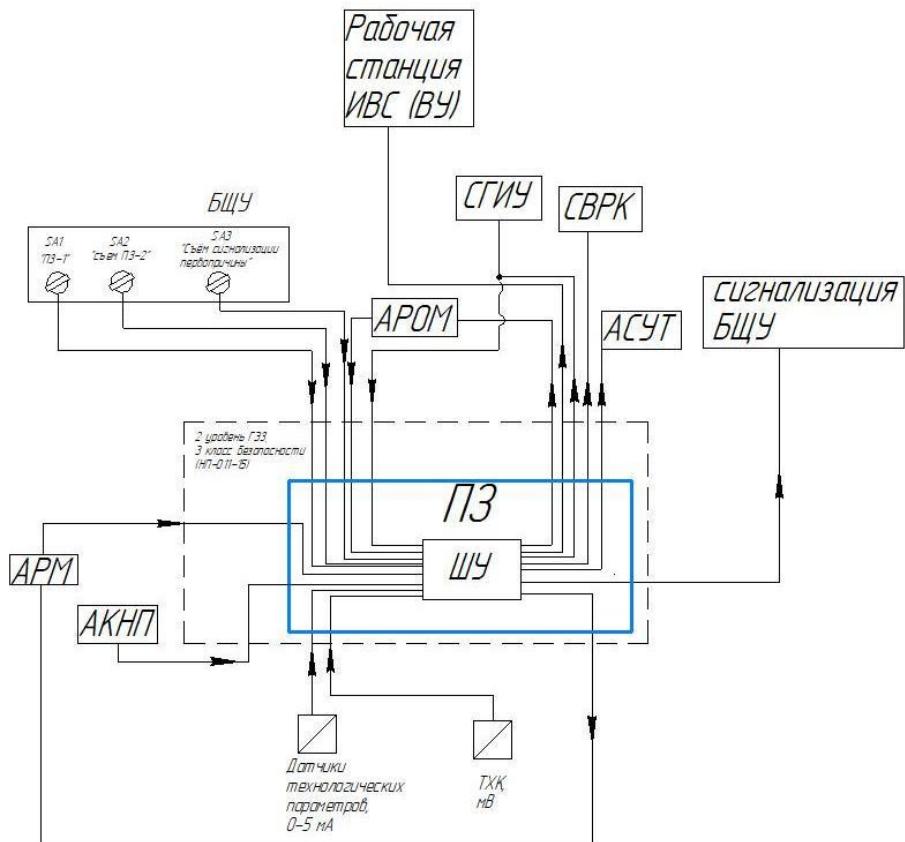


Рис. 1. Структурная схема инициирующей части предупредительной защиты

В шкаф управления поступают аналоговые сигналы от датчиков и дискретные сигналы от ключей БЩУ и смежных систем. На основании входной информации вырабатывается выходной сигнал на работу системы и информационный сигнал, который передается по соответствующим каналам в необходимые системы.

Фрагмент разработанной функциональная схема автоматизации системы предупредительной защиты АЭС представлена на рисунке 2. С датчиков температуры, обозначенными цифрами 1-12, приходит сигнал, пропорциональный температуре в горячих нитках петель циркуляционного контура реактора. Если температура на двух из трех термопар каждой петли превышает номинальное значение на 3 градуса, то система выдает сигнал в систему группового и индивидуального управления (СГИУ) на движение органов регулирования (ОР) системы управления и защиты (СУЗ) вниз с рабочей скоростью (ПЗ-1), а также на лампочку HL5 « $T_{гор} > T_{гор} + 3^{\circ}\text{C}$ ».

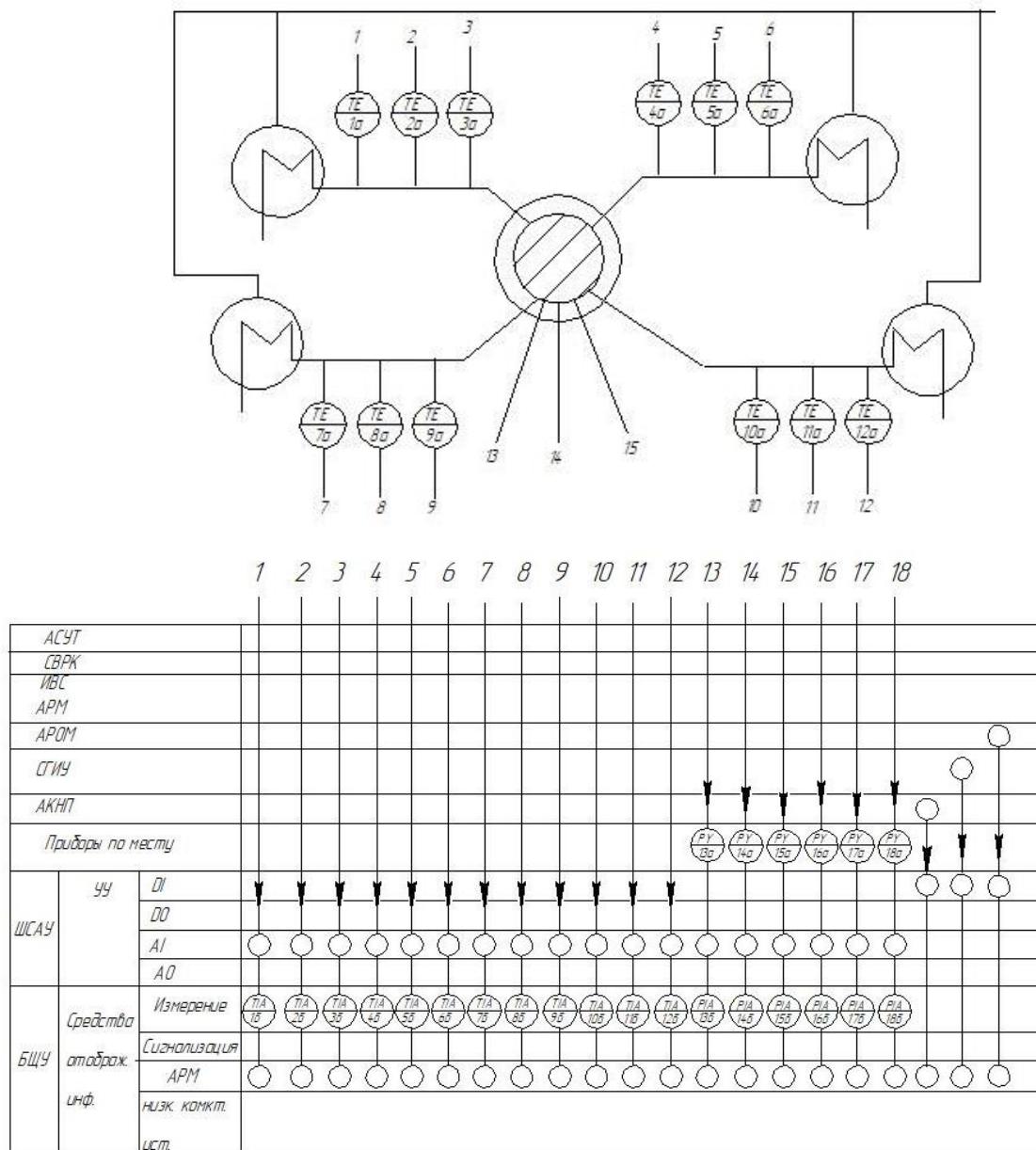


Рис. 2. Функциональная схема автоматизации (фрагмент)

В состав системы входят реактор, парогенератор, главный паровой коллектор и датчики температуры и давления.

С датчиков давления (13-18), приходит сигнал, пропорциональный давлению над активной зоной. Если на двух из трех датчиков давление больше 165 кгс/см^2 , то система выдает сигнал в СГИУ на запрет движения ОР СУЗ вверх и вниз (ПЗ-2), а также на сигнализацию. Если давление продолжает расти и на двух из трех датчиков давление больше 173 кгс/см^2 , то система выдает сигнал в СГИУ на движения ОР СУЗ вниз с рабочей скоростью и на соответствующую сигнализацию.[1]

Так же с датчиков давления приходит сигнал, пропорциональный давлению в главном паровом коллекторе (ГПК). Если давление продолжает расти и на двух из трех датчиков давление больше 70 кгс/см^2 , то система выдает сигнал в СГИУ на движения ОР СУЗ вниз с рабочей скоростью и на соответствующую сигнализацию.

С датчиков частоты переменного тока (на рис.2 не представлены) приходит сигнал, пропорциональный частоте питания на секции каждого главного циркуляционного насоса (ГЦН). Если на трех из четырех ГЦН частота питания секции ГЦН падает ниже 49 Гц, то система выдает сигнал в СГИУ на движение ОР СУЗ вниз с рабочей скоростью (ПЗ-1), а также на лампочку HL7 « $f < 49 \text{ Гц}$ ».

С системы автоматического контроля нейтронного потока (АКНП) приходит сигнал, пропорциональный нейтронной мощности и периоду реактора. Если период реактора превышает 40 с, то система выдает сигнал в СГИУ на запрет движения ОР СУЗ вверх и вниз. Если период реактора продолжает уменьшаться и становится меньше 20 с, то система выдает сигнал в СГИУ на движения ОР СУЗ вниз с рабочей скоростью. Если нейтронная мощность больше заданного значения пороговых установок ПЗ-1 и ПЗ-2, то система выдает сигнал в СГИУ на работу ПЗ-1 и ПЗ-2 соответственно. Так же сигнал идет на соответствующую сигнализацию.

В систему предупредительных защит приходит сигнал с ключей БЩУ на введение в работу ПЗ-1, ПЗ-2 или съема сигнала первопричины и передает сигнал в СГИУ. Со СГИУ в систему приходят сигналы о выполнении того или иного сигнала.

В автоматический регулятор мощности (АРМ), автоматический регулятор ограничения мощности (АРОМ), систему внутриреакторного контроля (СВРК), информационную вычислительную систему (ИВС) приходят сигналы о работе ПЗ-1 и ПЗ-2 [1].

Для реализации инициирующей части предупредительной защиты на базе программной логики выбран российский программно-логический контроллер REGUL R500, при программировании которого используется интегрированная среда программирования Astra. IDE, предоставляющая пользователю удобные инструменты для проектирования, отладки и загрузки программного кода на ПЛК.



Рис. 3. Окно шины RegulBus

Перед началом программирования настроена конфигурация крейта (состав различных модулей, соединенных между собой шинами питания и данных). В результате сформирована аппаратная составляющая программно-технического комплекса (ПТК), конечный вариант которой представлен в окне шины RegulBus (рис. 3).[2]

В рассматриваемой системе используется:

- модуль источника питания R500 PP 00 031,
- модуль центрального процессора R500 CU 00 051, два модуля аналогового ввода R500 AI 16 011 (для приема сигнала с датчиков давления и температуры),
- модуль дискретного ввода R500 DI 32 011 (для приёма сигнала с ключей блочного щита управления (БЩУ), СГИУ, АРМ, АРОМ и АКНП),
- модуль дискретного вывода R500 DO 32 011 (для выдачи исполнительных сигналов в СГИУ и сигнализацию БЩУ, информационных сигналов на СВРК, АРМ, АРОМ, ИВС, АСУТ) [2].

Сигналы со смежных систем, связанных с предупредительной защиты, приходят в виде дискретных сигналов.

Для измерения давления над активной зоной и в ГПК используется малогабаритный преобразователь давления САПФИР-22Р-ДИ. Сапфир 22-ДИ находится в герметичной оболочке и для передачи сигнала в системы на БЩУ подключается к блоку преобразования сигнала БПС-90, которых и подключается напрямую к ПЛК (рис. 4).

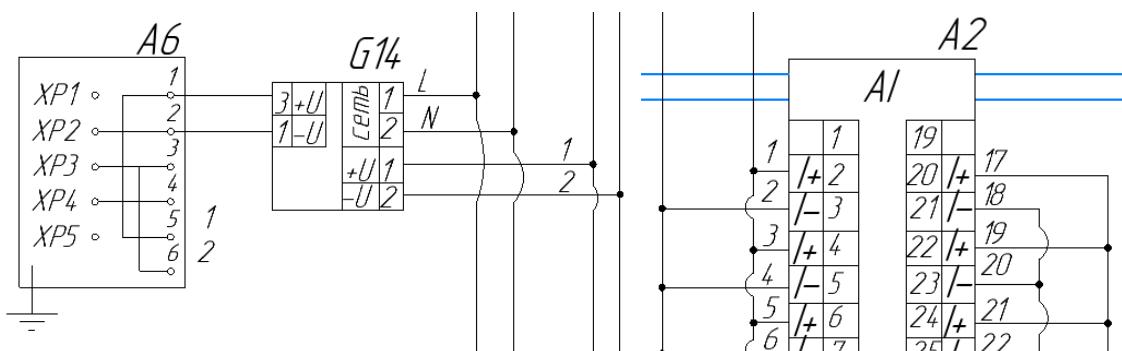


Рис.4. Схема подключения датчика давления к модулю ввода

Для измерения температуры в горячих нитках используется термопара типа ТХК, значение

температуры с которой преобразуется в унифицированный токовый сигнал с помощью блока преобразования сигнала БППС 4090/М23. Для преобразования частоты питания на секциях ГЦН в унифицированный токовый сигнал применяется преобразователь измерительный частоты переменного тока Е858.

Важным частью предупредительной защиты атомной станции является мажоритарный принцип формирования выходного сигнала «два из трех», который применяется для всех выходных сигналов с датчиков технологических параметров. Для реализации данного алгоритма применены блоки логических элементов «И», «ИЛИ» и математический оператор «сравнение на больше». Данная схема, представленная на рисунке 5, реализуется для датчиков давления в 1 контуре и ГПК, датчиков температуры в горячих нитках и датчиков частоты секции питания.[3]

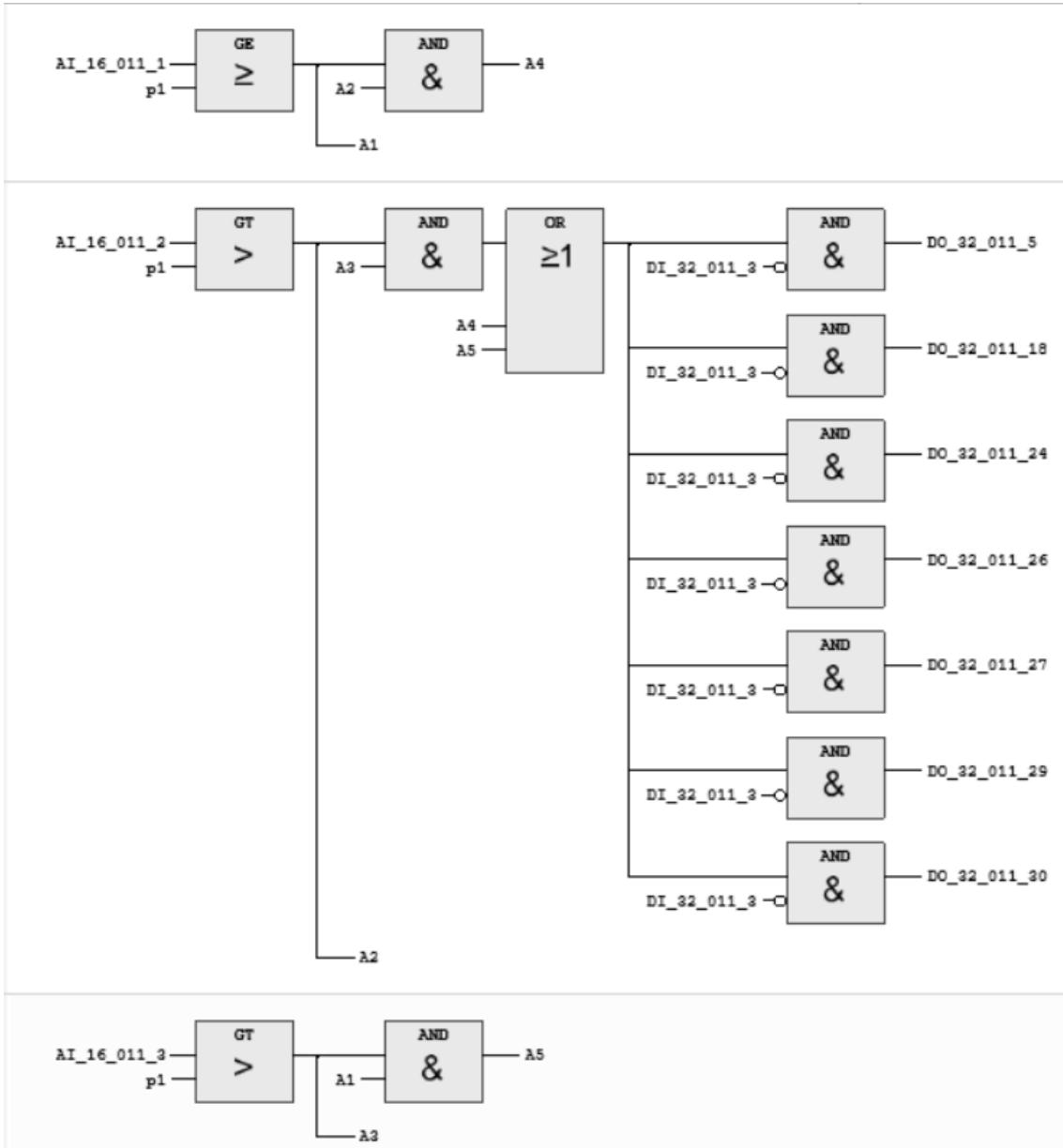


Рис.5. Фрагмент программы реализация логики «два из трех»

Аналогичным образом в среде ASTRA. IDE реализованы алгоритмы формирования сигнала по уменьшению частоты питающего напряжения на трех из четырёх ГЦН, уменьшению периода реактора до 20с, формирование ошибки, если сигнал об изменении параметра приходит только от

одного датчика и формирование дискретных сигналов.

Таким образом, предложенная замена инициирующей части системы предупредительной защиты для реактора ВВЭР-1000 с «жёсткой» логики на программную повысит гибкость системы, даст возможность быстрого обновления и модификации. Система реализована полностью на российском оборудовании и программном обеспечении в рамках программы импортозамещения.

Литература

1. Матвеев, Е.Е. Предупредительные защиты РУ : Пособие для обучаемых / Е.Е. Матвеев. – Балаково: Балаковская АЭС, 2002. – 90 с.
2. ПЛК REGUL R500: сайт. – URL: https://reglab.ru/controller/regul_r500 (дата обращения: 24.05.2025)
3. ПТК AstraRegul: сайт. – URL: https://reglab.ru/software/ptk_astraregul (дата обращения: 24.05.2025)

УДК 681.5

Разработка локальной системы автоматического регулирования давления компенсатора давления АЭС с реактором ВВЭР-1000 в режиме тонкого впрыска

¹Глухова Дарья Алексеевна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

¹Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

²Пестова Евгения Дмитриевна, главный специалист

¹Балаковский инженерно-технологический институт - филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

² Акционерное общество «Русатом Автоматизированные системы управления», г. Москва

В статье рассматривается система автоматического регулирования компенсатора давления атомной станции с реактором типа ВВЭР-1000 в режиме тонкого впрыска. Осуществлено математическое моделирование объекта и системы в целом с использованием программной среды SimInTech. Разработаны принципиальная, структурная и функциональная схемы, подобрана элементная база и разработана программа на языке ST в среде ASTRA. IDE для программируемого логического контроллера Regul, с помощью которого реализовано управление локальной САР давления.

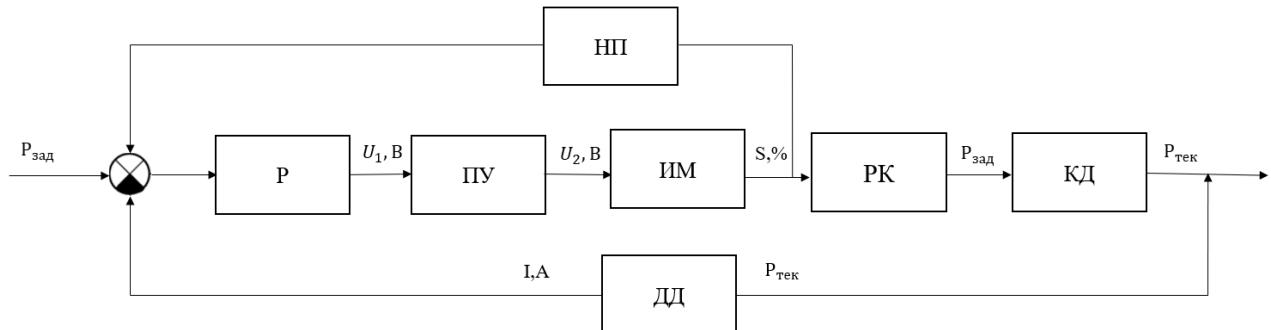
Одним из основных путей повышения эффективности производства является создание автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) на базе современных средств автоматизации и вычислительной техники, на нижнем уровне которых расположены локальные системы автоматического регулирования (САР). САР являются неотъемлемой частью атомных электростанций и играют ключевую роль в обеспечении их надежной и безопасной работы. В работе рассмотрена САР давления для одного из основного

оборудования реакторного отделения – компенсатора давления, входящего в систему компенсации давления. Актуальность работы состоит в том, что разрабатываемая САР является локальной: может быть расположена вблизи технологического объекта регулирования и использоваться в качестве резервной системы.

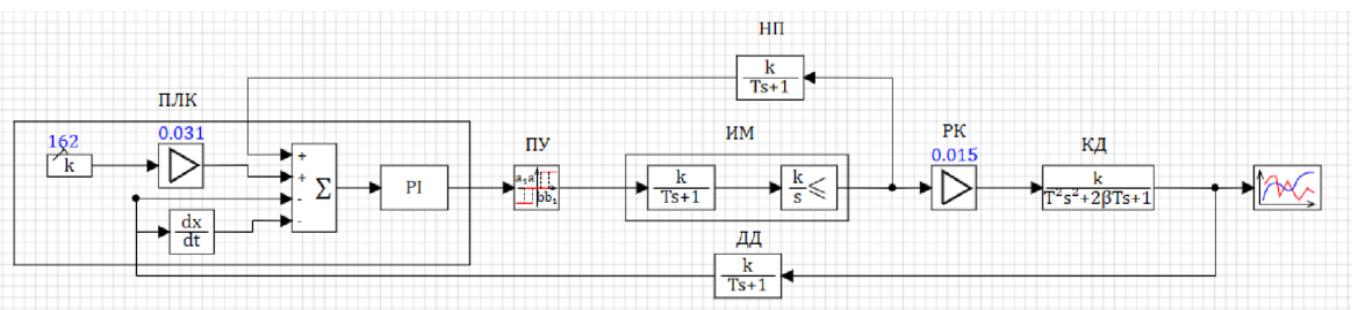
В состав первого контура с реактором ВВЭР-1000, наряду с главным циркуляционным контуром, входит система компенсации давления. Система компенсации давления первого контура предназначена для:

- ограничения давления в первом контуре, вызываемого изменением температурного режима во время работы реакторной установки;
- защиты первого контура от повышения давления;
- снижения давления в первом контуре при расхолаживании.

Компенсатор давления (КД) является, с одной стороны элементом системы компенсации давления первого контура, с другой стороны объектом регулирования для следующих систем автоматического регулирования: давления в первом контуре; уровня теплоносителя; разности температуры теплоносителя в горячих нитках и в КД в режиме планового расхолаживания и разогрева.



а



б

Рис.1. Функциональная схема (а) и имитационная модель (б) САР давления:

ПЛК – программируемый логический контроллер; ПУ – пускатель; НП – нормирующий преобразователь; ИМ – исполнительный механизм; РК – регулирующий клапан; ДД – датчик давления; КД – компенсатор давления

Существует пять регуляторов системы компенсации давления: YPC01 – всережимный регулятор давления; YPC02 – штатный регулятор уровня в КД; YPC03 – пусковой регулятор уровня в КД; YPC04 – регулятор расхолаживания КД; YPC05 – регулятор «тонкого» впрыска [1].

В статье рассматривается САР давления в компенсаторе в режиме тонкого впрыска. Автоматическое регулирование давления в компенсаторе давления (КД) в данном режиме осуществляется по каналу: «впрыск воды – давление в контуре». Функциональная схема САР давления в КД представлена на рисунке 1а.

Регулятор давления в первом контуре над активной зоной 1,2YPC05 поддерживает значение давления в 1-м контуре по статической характеристике: 165 кгс/см² – полное открытие клапана впрыска 1,2YP13S02 и 162 кгс/см² – полное закрытие клапана, статическая неравномерность при этом составляет 3,0 кгс/см². Он реализует пропорциональный закон регулирования за счет охвата ПИ-регулятора сигналом обратной связи по положению регулирующего органа.

Регулятор 1,2YPC05 поддерживает равным нулю рассогласование:

$$\varepsilon = k_{oc} \times P_{тек} - P_{зад} + k \times \frac{dP}{dt} - k_{oc_rk} \times S, \quad (1)$$

где $P_{тек}$ – текущее значение давления над активной зоной реактора, кгс/см²; $P_{зад}$ – заданное значение давления над активной зоной реактора, кгс/см²; $\frac{dP}{dt}$ – однополярный скоростной сигнал по падению давления над активной зоной реактора (кгс/см²)/с; S – положение РК впрыска YP13S02, %; k_{oc} , k , k_{oc_rk} – коэффициенты.

На основании функциональной схемы САР осуществлен выбор и расчет передаточных функций элементов системы, построена имитационная модель в среде динамического моделирования технических систем SimInTech [2] (рис. 1б). На сумматоре осуществляется расчет ошибки регулирования (рассогласование), согласно формуле (1). График имитационной модели с возмущением представлен на рисунке 3.

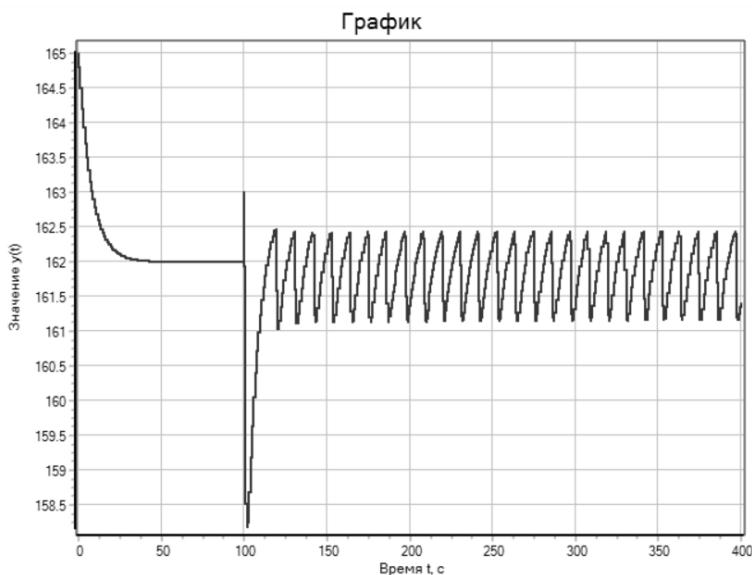


Рис.2. Переходный процесс САР с возмущением и ПИ-регулятором

Из графика переходного процесса САР с возмущающим воздействием видно, что система отрабатывает возмущение с небольшим скачком давления от заданного значения и далее

переходный процесс выходит в автоколебания, обусловленные наличием нелинейного элемента (пускателя). Модель позволяет исследовать влияние параметров ПИ-регулятора на динамические характеристики системы при различных начальных условиях.

Для возможности практической реализации локальной САР давления разработана функциональная схема автоматизации, представленная на рисунке 3.

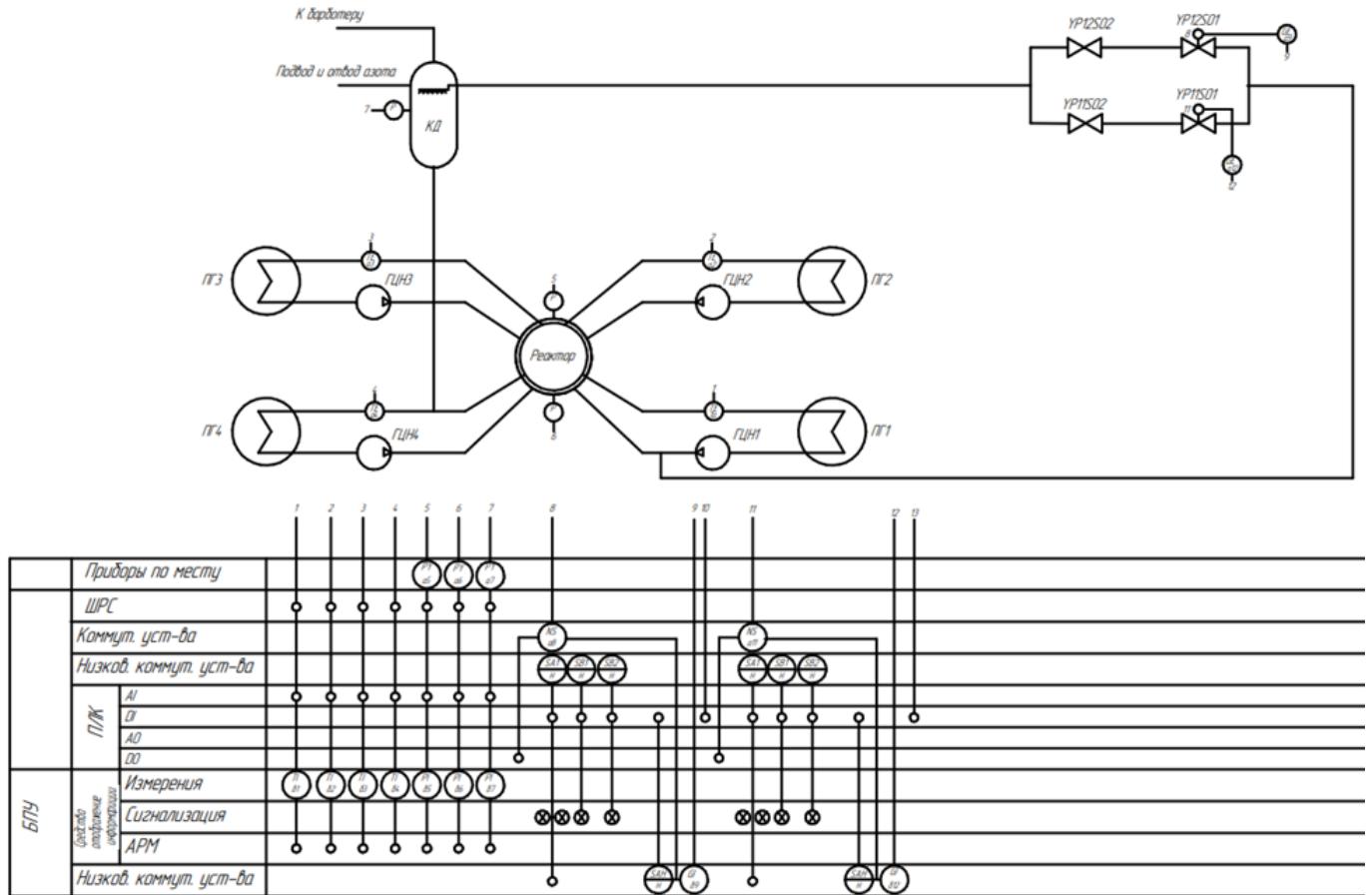


Рис.3. Функциональная схема автоматизации

С датчиков давления приходят сигналы, пропорциональные давлению над активной зоной. Данные сигналы преобразуются в унифицированный токовый сигнал специальным преобразователем. Один датчик основной, другой резервный. Если основной датчик показывает значение больше 165 кгс/см^2 , то идёт сигнал на открытие регулирующих клапанов. Если показывает значение меньше 162 кгс/см^2 , то идёт закрытие регулирующих клапанов.

Для программирования логических контроллеров REGUL 500 применяется программный комплекс AstraRegul. В состав программного комплекса входит также интегрированная среда разработки Astra. IDE. В данной работе программа (рис. 4) написана на языке ST – структурированный текст.

Первым шагом для написания программы введены переменные данные. Следующим шагом является проверка режима, если на вход ПЛК DO_32_011_3 поступает 1, то режим управления системой - ручной.

Работа ручного режима происходит следующим образом: если поступает сигнал с датчика

давления больше 165 кгс/см^2 , то загорается лампа, означающая, что давление высокое. Нажимается кнопка на открытие клапана. Если же значение с датчика показывает 162 кгс/см^2 , то загорается лампа, указывающая, что давление низкое, и нажимается кнопка на закрытие клапана.

Автоматический режим осуществляется, если на входы ПЛК DO_32_011_3 приходит 0, на DO_32_011_4 приходит 1. Ошибка регулирования отрабатывается с помощью ПИ-регулятора автоматически. Так же с датчиков положения приходят значения открытия клапанов, если будет достигнуто положение регулирующего клапана 100%, сработает концевой выключатель для открывания (КВО), а если достигнет 0%, то сработает концевой выключатель для закрывания (КВЗ).

```

1 PROGRAM POU_1
2
3 VAR
4
5 // Датчики
6 AI_16_011_1 Temperature1 : REAL; // датчика температуры 1
7 AI_16_011_2 Temperature2 : REAL; // датчика температуры 2
8 AI_16_011_3 Temperature3 : REAL; // датчика температуры 3
9 AI_16_011_4 Temperature4 : REAL; // датчика температуры 4
10 AI_16_011_5 Pressure1 : REAL; // 1-й датчик давления над активной зоной основной
11 AI_16_011_6 Pressure2 : REAL; // 2-й датчик давления над активной зоной резерв
12 AI_16_011_7 PressureCompensator : REAL; // Датчик давления в компенсаторе
13 AI_16_011_8 ValvePositionSensor1 : REAL; // Датчик положения 1
14 AI_16_011_9 ValvePositionSensor2 : REAL; // Датчик положения 2
15
16 // Параметры клапанов
17 ValvePosition1 : BOOL; // Положение клапана 1
18 ValvePosition2 : BOOL; // Положение клапана 2
19 DO_32_011_11ValveOpen : BOOL; // Открытие клапана 1
20 DO_32_011_13ValveOpen : BOOL; // Открытие клапана 2
21
22 // PID-регулятор
23 AI_16_011_1 PID_Setpoint : REAL; // Установленное значение давления
24 PID_Output : REAL; // Выход ПИД-регулятора
25 PID_Error : REAL; // Ошибка
26 PID_Integral : REAL; // Интегральная часть
27 PID_Derivative : REAL; // Дифференциальная часть
28 PID_Kp : REAL := 380; // Коэффициент пропорциональности
29 PID_Ki : REAL := 205; // Коэффициент интегрирования
30 PID_Kd : REAL := 0; // Коэффициент дифференцирования
31
32 // Регулирующие клапаны
33 ControlValve1 : BOOL; // Клапан 1
34 ControlValve2 : BOOL; // Клапан 2
35
36 // Лампы для индикации
37 DO_32_011_1IndicatorLights1 : BOOL; // Лампа 1
38 DO_32_011_2IndicatorLights2 : BOOL; // Лампа 2
39 DO_32_011_3IndicatorLights3 : BOOL; // Лампа 3
40 DO_32_011_4IndicatorLights4 : BOOL; // Лампа 4
41 DO_32_011_5IndicatorLights5 : BOOL; // Лампа 5
42 DO_32_011_6IndicatorLights6 : BOOL; // Лампа 6
43 DO_32_011_7IndicatorLights7 : BOOL; // Лампа 7
44
45 // Настройки
46 MaxTempLimit : REAL := 322.0; // Максимальная температура
47 SetPointPressure : REAL := 165.0; // Давление при котором регулирующие клапана открываются
48 ClosePointPressure : REAL := 162.0; // Давление при котором регулирующие клапана закрываются
49
50 // Промежуточные значения
51 CurrentPressure : REAL;
52
53 // Ручное управление
54 DI_32_011_5 ManualMode1 : BOOL; // Режим ручного управления клапаном
55 DI_32_011_1 IncreaseButton1 : BOOL; // Кнопка увеличения
56 DI_32_011_3 DecreaseButton1 : BOOL; // Кнопка уменьшения
57 DI_32_011_5 ManualMode2 : BOOL; // Режим ручного управления клапаном
58 DI_32_011_6 IncreaseButton2 : BOOL; // Кнопка увеличения
59 DI_32_011_8 DecreaseButton2 : BOOL; // Кнопка уменьшения
60
61 END_VAR

```

Рис.4. Программирование в программном комплексе AstraRegul (фрагмент)

Разработанная локальная замкнутая САР давления в КД с внутренней обратной связью по положению регулирующего органа в режиме тонкого впрыска может быть использована как резервная в случае отказа основной системы регулирования, вследствие чего можно говорить о повышение безопасности и эффективности работы КД за счет уменьшения вероятности появления аварий.

Для настройки и функционирования САР использовано современное российское программное обеспечение и оборудование в рамках программы импортозамещения. Локальная система позволяет гибко адаптировать свои настройки под возможные изменения режимов эксплуатации САР давления (например, уставок) или в случае ее модернизации (замены средств автоматизации).

Литература

1. Тямалов А.А. Особенности управления технологическими параметрами системы компенсации давления АЭС с реактором ВВЭР-1000 / А.А. Тямалов, Я.А. Дубченко // Глобальная ядерная безопасность. 2014. № 2(11). С. 98– 103.
2. Герман-Галкин, С.Г. Модельное проектирование электромеханических мехатронных модулей движения в среде SimInTech. / С.Г. Герман-Галкин, Б.А. Карташов, С.Н. Литвинов. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 494 с.

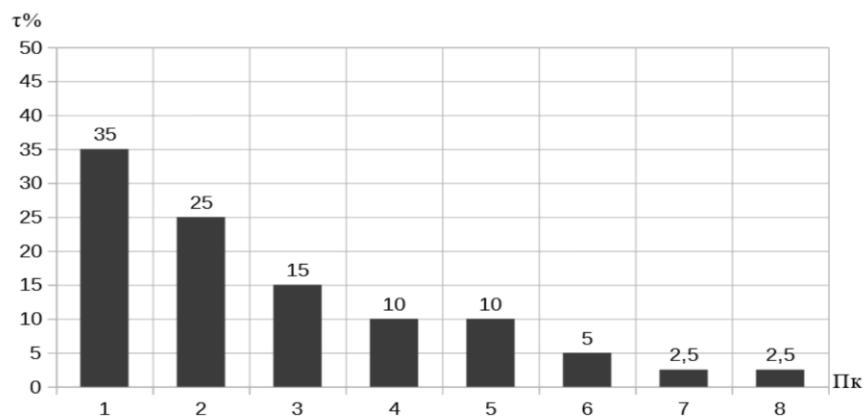
Повышение топливной экономичности силовых энергетических установок за счет выбора режимов управления

Епишин Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Атомная энергетика»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково.

В научной статье рассматривается вопрос о повышении топливной экономичности тепловозных дизелей типа 211Д-3-01 при выборе режимов управления контроллера машиниста. При повышении топливной экономичности необходимо следить за изменением температуры окружающего воздуха. С понижением температуры окружающего воздуха частоту вращения коленчатого вала необходимо ограничивать с 1000 до 850 об/мин. При этом топливная экономичность повышается от 3 до 5%.

Эксплуатационная работа маневровых тепловозных дизелей разнообразна своими режимами управления. Маневровая работа формируется диспетчером или дежурным по станции. Маневровые локомотивы работают на режимах, близких к режиму холостого хода, а также к режимам полной эффективной мощности тепловоза, когда происходит погрузка и выгрузка грузов. Гистограмма режимов работы маневрового тепловоза ТГМ4 с дизелем 211Д-3-01 представлена на рисунке 1.



*Рис.1. Гистограмма рабочих режимов работы маневровых тепловозов
ТГМ4А,Б с дизелем 6ЧН21/21 (типа 211Д-3)*

Маневровая работа тепловозных дизелей разнообразна режимами управления. Для работы маневровых тепловозов требуется поддержание необходимых режимов работы машин и агрегатов, а именно периодичности включения и выключения машин и агрегатов, реверсирование движения тепловоза вперед и назад.

С понижением частоты вращения коленчатого вала дизеля от номинального значения примерно до 0,75нд происходит увеличение топливной экономичности, зависящей от эксплуатационных факторов, увеличивающих коэффициент наполнения цилиндров двигателя [1].

Влияние эксплуатационных факторов тепловозных дизелей оказывает температура окружающего воздуха, которая влияет на механические потери, отбор мощности на вспомогательное оборудование и т.д. Для оценки эксплуатационных показателей двигателя удобно пользоваться характеристикой показателей в функции вращения вала двигателя [3].

Выбор режимов управления контроллером машиниста позволят улучшить работу силовых энергетических установок, при этом повысить топливную экономичность. Параметром, в зависимости от которого должна изменяться частота вращения коленчатого вала, является температура окружающего воздуха. Тепловозные характеристики дизелей изменяются при смене климата, особенно в зимний период времени. Частота вращения коленчатого вала должна быть меньше установленной на 100-150 об/мин, что позволяет в эксплуатации маневровых тепловозов снизить эксплуатационный расход топлива от 3 до 5%. График зависимости частоты вращения коленчатого вала от температуры окружающего воздуха представлен на рисунке 2.

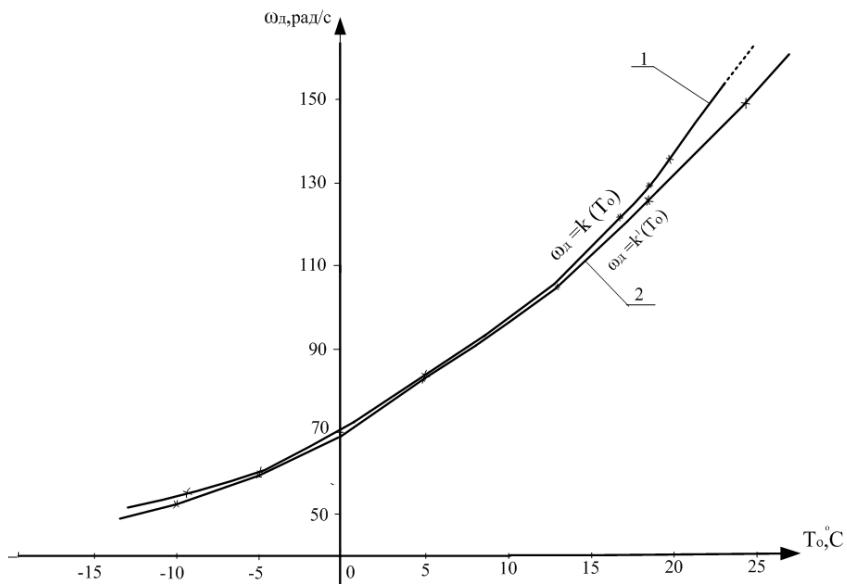


Рис.2. График зависимости температуры окружающего воздуха

от частоты вращения коленчатого вала дизеля БЧН21-21 (211Д=3):

1 - по серийной тепловозной характеристике; 2 - по опытной тепловозной характеристике

При разности температуры окружающего воздуха частоту вращения коленчатого вала, необходимо ограничивать, особенно в зимний период времени. Эксплуатационные показатели по расходу воздуха в двигателе изменяются в зависимости от инерционности ротора турбокомпрессора.

Уравнение инерции ротора турбокомпрессора определяется по выражению:

$$\frac{d\omega_{mk}}{dt} = J_{mk} (D_{\omega k} - D_{\omega T}) / T_B, \quad (1)$$

$$\frac{dG_B}{dt} = (G_B - G_{dis}) / T_B, \quad (2)$$

$$\frac{dG_e}{dt} = J_{mk} \frac{P_{i-in}}{RT_{i-l}} \left(\frac{\Pi_{k+1}}{dt} - \frac{\kappa e}{\kappa e - 1} + G_e - G_{dis} \right), \quad (3)$$

где J_{mk} – момент инерции ротора турбокомпрессора, Н/м.; $D_{\omega k}$ – действительная частота

вращения ротора ступени компрессора, об/мин.; $D_{\text{от}}$ – действительная частота вращения ротора турбины, об/мин.; $G_{\text{в}}$ – массовый расход воздуха, дизелем, кг/с.; G_{dis} – расход воздуха через дизель кг/с.; $\Pi_{\text{кпк-1}}$ – показатель режима двигателя; $\frac{\kappa_b}{\kappa_b - 1}$ – показатель адиабаты воздуха.

В действительном цикле при объеме цилиндра, часть теплоты выделяется при сгорании топлива. Другая часть топлива догорает в результате расширения газами.

Критерием оценки количества теплоты при сгорании топлива служит коэффициент выделения теплоты [2].

Коэффициент выделения теплоты определяется по уравнению:

$$X = \frac{Q_h - (Q_{hc} + Q_{dis} + Q_w)}{Q_h}, \quad (4)$$

где Q_h – низшая теплотворная способность топлива, кДж/кг.; Q_{hc} – потери теплоты от неполноты сгорания топлива, кДж/кг.; Q_{dis} – потери теплоты на диссоциацию молекул топлива, кДж/кг.; Q_w – потери теплоты на теплообмен со стенками цилиндра, кДж/кг.

Следовательно, выбор режима работы двигателя в условиях эксплуатации, позволяет распределить энергию выпускных газов и воздуха таким образом, при котором топливная экономичность повысилась от 3 до 5%.

Расход воздуха через двигатель определяется по формуле:

$$G_{\text{dis}} = \frac{(\eta_v * V_{\text{dis}} * P_k * \omega_d)}{T_{\text{вп.кол}} * R_g * \tau * \pi}, \quad (5)$$

где η_v – коэффициент наполнения цилиндров дизеля; V_{dis} – объем цилиндра двигателя, м³; P_k – давление перед впускными органами, Мпа.; ω_d – частота вращения коленчатого вала, рад/с.; $T_{\text{вп.кол}}$ – температура воздуха во впускном коллекторе, К.; τ – тактность дизеля, (τ -4).

Расход воздуха при продувке двигателя определяется:

$$G_{\text{пр}} = G_{\text{в}} - G_{\text{dis}}, \quad (6)$$

где $G_{\text{в}}$ – массовый расход воздуха, кг/с.; G_{dis} – расход воздуха при продувке, кг/с.

Таблица 1

Результаты расчета дизеля 6ЧН21-21 (211Д-3) при продувке цилиндров

№ п/п	Штатные эксплуатационные показатели двигателя 6ЧН 21-21				Опытные эксплуатационные показатели двигателя 6ЧН 21-21			
	$\omega_{\text{д,рад/с}}$	Твп. кол, К	G_{dis} , кг/с	$G_{\text{пр}}$, кг/с	$\omega_{\text{д,рад/с}}$	Твп. кол, К	G_{dis} , кг/с	$G_{\text{пр}}$, кг/с
1	146,6	340	0,510	0,325	136,1	342	0,505	0,425
2	81,6	320	0,0144	0,228	78,5	322	0,0147	0,193
3	54,4	315	0,0085	0,0995	54,4	320	0,00805	0,127

При изменении температуры окружающего воздуха должны меняться эксплуатационные показатели в двигателе, а именно частота вращения коленчатого вала.

Эксплуатационные факторы являются одним из основных критериев получения топливной экономичности, топливная экономичность может быть повышена при изменении температуры окружающего воздуха. Уменьшение частоты вращения коленчатого вала дизеля при

низких температурах окружающего воздуха дает возможность повысить топливную экономичность от 3 до 5% в эксплуатации.

Литература

1. Симсон А.Э., Хомич А.З., Куриц А.А. Тепловозные двигатели внутреннего сгорания / А.Э. Симсон, А.З. Хомич, А.А. Куриц. – М.: Транспорт- 1987 - 536 с.
2. Володин А.И. Локомотивные энергетические установки / А.И. Володин – М.: ИПК Желдориздат. – 2002 - 718с.
3. Охотников Б.Л. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания, учебное пособие / Б.Л. Охотников – Екатеринбург: Издательство Уральского университета. 2014-140с.

УДК 621.313.1

Разработка алгоритма функционирования учебного стенда для диагностики электродвигателей

Князев Александр Алексеевич, студент направления подготовки

«Управление в технических системах»;

Ефремова Татьяна Александровна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье рассмотрены особенности разработки алгоритма функционирования учебного стенда для диагностики асинхронных электродвигателей. Приведена блок-схема алгоритма, описана логика работы учебного стенда.

В работе описана методика разработки алгоритма управления учебным стендом для диагностики электродвигателей. Учебный стенд может применяться для диагностики параметров электродвигателей мощностью до 250 Вт. Его конструкция позволяет не только воспроизводить нормальные режимы работы, но и моделировать различные неисправности, включая перегрузку, дисбаланс, перегрев, вибрации и другие отклонения, характерные для реальных условий эксплуатации электродвигателей. Алгоритм функционирования разработанного учебного стенда служит основой для автоматической диагностики состояния асинхронного электродвигателя, блок-схема алгоритма (рис.1). Он обеспечивает логически последовательную организацию процессов, связанных с инициализацией системы, сбором и анализом данных, а также выдачей результатов в удобной для восприятия форме. В основе алгоритма лежит поэтапное выполнение операций, направленных на поддержку стабильной работы стенда и оперативное реагирование на потенциальные неисправности.

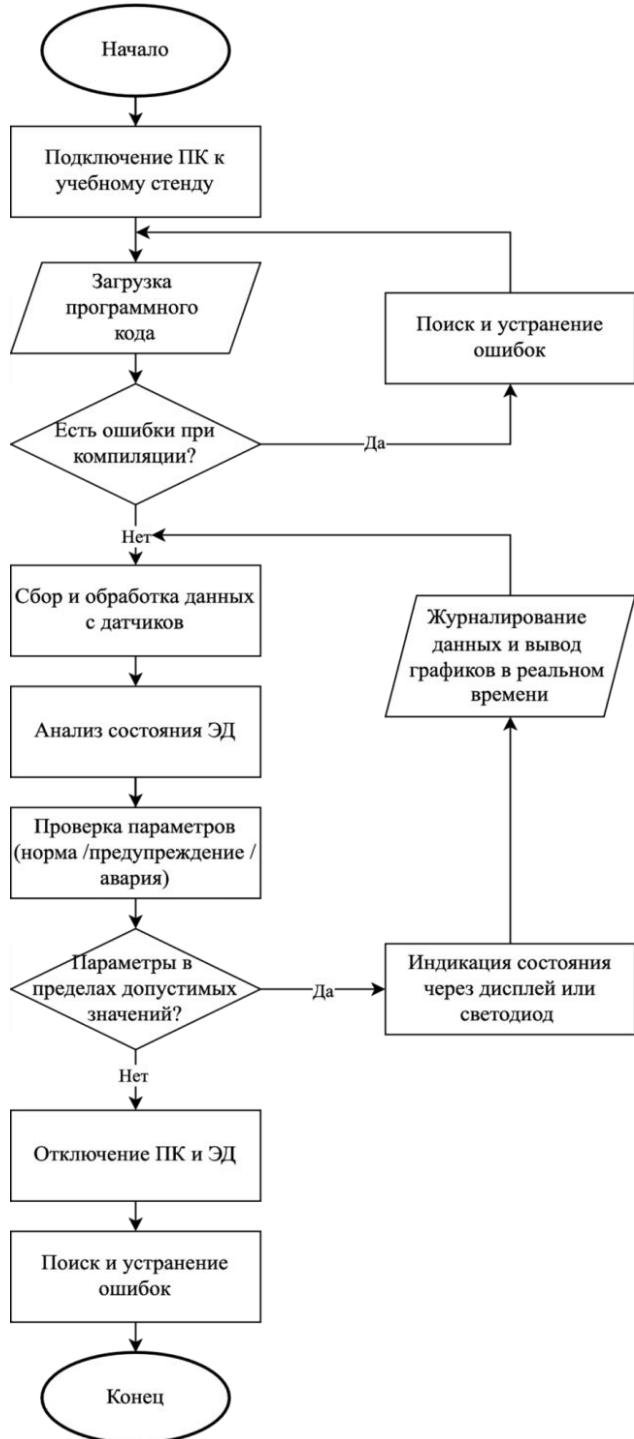


Рис. 1 – Блок схема алгоритма работы стенда

Начальной точкой работы алгоритма является подключение персонального компьютера к лабораторному стенду, реализованному на базе микроконтроллера Arduino. Это подключение необходимо для последующей передачи управляющей информации, обмена данными и визуализации результатов. После установления связи осуществляется передача управляющего кода, реализующего основные функции системы. На данном этапе важно обеспечить корректность всех соединений, стабильность питания и готовность системы к дальнейшему функционированию. Этот шаг, хотя и предварительный, является критически важным, поскольку определяет возможность дальнейшей работы стенда без аппаратных или программных сбоев.

После загрузки кода производится проверка его работоспособности. В алгоритме

предусмотрена диагностика ошибок компиляции, на случай если код содержит синтаксические или логические неточности. При выявлении ошибок система не продолжает выполнение, а переходит в состояние поиска и устранения неисправностей. Лишь после успешного прохождения этапа компиляции и загрузки возможно дальнейшее выполнение алгоритма.

При успешной инициализации запускается основной цикл диагностики. На этом этапе производится последовательный опрос подключённых датчиков. Каждый из них предоставляет определённую информацию о параметрах работы электродвигателя. Собранные данные подвергаются первичной обработке. Это позволяет исключить шум, устранить помехи и привести информацию к формату, пригодному для дальнейшего анализа.

Следующим логическим шагом является оценка состояния электродвигателя на основе полученных данных. Система сравнивает текущие значения с заранее определёнными порогами, устанавливая, находится ли параметр в пределах нормы, приближается к критическим значениям или уже превысил допустимый диапазон. Это позволяет классифицировать состояние оборудования по следующим категориям:

- норма – параметры соответствуют техническим требованиям и допустимым диапазонам;
- предупреждение – зафиксированы отклонения, не приводящие к отказу, но указывающие на возможное ухудшение состояния;
- авария – выявлены параметры, выходящие за границы допустимого, что требует немедленного вмешательства.

Анализ проводится автоматически, без участия оператора, в режиме реального времени. После анализа системы оператор принимает решение о продолжении или прекращении работы. Если все параметры находятся в допустимых пределах, алгоритм продолжает выполнение, переходя к этапу отображения состояния. В противном случае происходит завершение работы с отключением оборудования (в первую очередь электродвигателя), что позволяет предотвратить аварийные ситуации и минимизировать возможные повреждения.

В случае нормального режима работы осуществляется индикация текущего состояния. Для этого используется простая и наглядная система визуального отображения – светодиоды и дисплей. Такой подход обеспечивает удобство восприятия информации пользователем без необходимости анализа цифровых данных. Состояние «предупреждение» может быть отображено жёлтым сигналом, тогда как аварийное состояние сопровождается красной индикацией.

При штатной работе система параллельно осуществляет журналирование получаемых данных. Это необходимо для последующего анализа, а также для построения графиков параметров в реальном времени. Благодаря этому становится возможным отслеживание динамики изменения показателей, выявление аномалий и исследование процессов, происходящих в электродвигателе под нагрузкой. Программное обеспечение, разработанное для учебного стенда, реализовано на базе микроконтроллера Arduino Uno с использованием языка C/C++ в среде Arduino IDE.

Основная задача прошивки заключается в сборе данных с подключённых датчиков, анализе этих данных на соответствие заданным порогам, выдаче сигналов индикации, а также регистрации диагностических событий.

Собранные данные, как правило, выводятся в виде графиков с помощью внешнего программного обеспечения на ПК. Формат хранения и способы визуализации зависят от выбранной платформы, но эти технические детали будут подробно рассмотрены в отдельной главе, посвящённой программной реализации.

Таким образом, предложенный алгоритм функционирования стенда обеспечивает чёткую структуру работы системы автоматической диагностики, охватывая полный цикл – от запуска и инициализации до анализа и визуализации данных. Он разработан с учётом требований безопасности, надёжности и учебной эффективности, что делает его пригодным как для демонстрации принципов диагностики, так и для дальнейшего развития в рамках исследовательских проектов.

Литература

1. Платонов, А. В. Электрические машины: основы эксплуатации и диагностики / А. В. Платонов. – М.: Издательство «Энергия», 2020. – 288 с.
2. Сивохин, Д. В. Ремонт и обслуживание асинхронных двигателей / Д. В. Сивохин. – М.: Инфра-Инженерия, 2018. – 192 с.

УДК 681.12

Разработка автоматической системы управления дозирования гашеной извести

Корнилова Наталья Валерьевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

Рассмотрены факторы точности дозирования. Разработана функциональная схема системы автоматического управления процессом дозирования сыпучего гашеной извести. Приведено математическое описание системы и представлена структурная схема САУ производительности дозатора.

Автоматические системы дозирования сыпучих материалов часто используются в строительных, пищевых и фармацевтических промышленностях для изготовления различных смесей. Главным параметром работы таких САУ является точность дозирования, которая напрямую зависит от скорости движения дозируемого компонента. Технологические требования к качеству конечного продукта на производстве жестко регламентируют разработчикам автоматизированной системы величину ошибки дозирования сыпучих материалов.

Из всего разнообразия электроустановок дозирования сыпучих материалов следует отметить автоматизированные системы, сформированные на базе современного асинхронного двигателя. Точность дозирования в автоматизированных системах зависит от множества факторов, как систематических, так и случайных. К ним относятся характеристики материала (размер, форма, сцепление частиц, влажность), особенности конструкции дозатора и его взаимодействия с материалом, а также внешние воздействия, такие как вибрация и влажность окружающей среды.

Повышение эффективности управления автоматизированными электротехническими комплексами дозирования сыпучих материалов является критически важной задачей. Решение этой задачи позволит значительно увеличить производительность и точность дозирования. Разработка и исследование такого комплекса, обеспечивающего высокую точность и производительность, актуально и необходимо для соответствия строгим требованиям технологических процессов.

В качестве сыпучего материала выбрана известь гашеная, которая получается путем взаимодействия воды и окиси кальция (негашеной извести). С помощью нее изготавливается известковое молоко, используемое в свою очередь для предочистки воды и нейтрализации кислых стоков на атомной станции. Данным вопросом занимается реагентное хозяйство АЭС.

Функциональная схема системы автоматического управления процессом дозирования сыпучего материала (извести гашеной) представлена на рисунке 1.

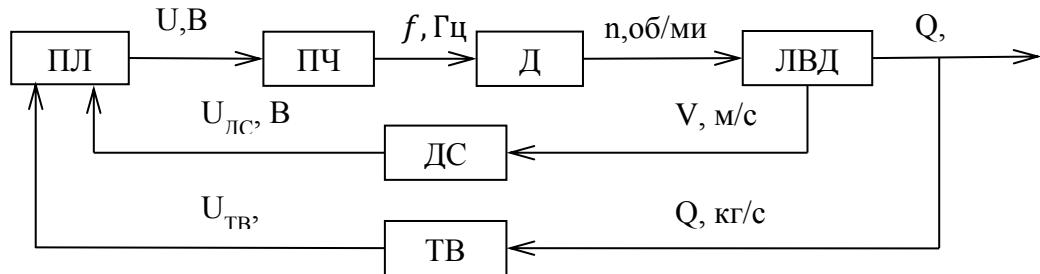


Рис. 1. Функциональная схема системы автоматического управления:
 ПЛК – программируемый логический контроллер; ПЧ – преобразователь частоты;
 Д – двигатель; ЛВД – ленточный весовой дозатор; ТВ – тензодатчик веса;
 ДС – датчик скорости ленты

Система функционирует следующим образом: в автоматическом режиме управление системой осуществляется с помощью ПЛК, который получает информацию от датчиков и отправляет команды на исполнительные механизмы. Ключ на панели управления позволяет переключать режимы работы между ручным и автоматическим. При переводе ключа в ручной режим управление переходит к оператору. В этом режиме оператор может использовать кнопки и ключи для запуска и остановки оборудования. Индикаторные лампы показывают текущее состояние каждого устройства. Их включение связано с показаниями датчиков. В случае возникновения ошибки, например, перегрева электродвигателя или сбоя работы задвижки, загорается соответствующая лампа ошибки, предупреждая оператора о необходимости

предпринять меры для решения проблемы.

Визуализация данных осуществляется на панели управления, где оператор может отслеживать статус работы оборудования через сигнальную аппаратуру. Если система обнаруживает неисправность или аномалию в работе, сигнальная аппаратура немедленно оповещает оператора, и тот может принять необходимые меры.

У ленточного весового дозатора, как объекта управления, датчиками измеряются два параметра: вес извести и скорость движения ленты датчиком скорости ДС. Данные сигналы поступают в контроллер ПЛК, в котором сравниваются текущие значения с заданными. При наличии сигнала рассогласования изменяется сигнал U , подаваемый на преобразователь частоты ПЧ. Тот в свою очередь изменяет частоту асинхронного двигателя Д. Двигатель, меняя частоту вращения, изменяет производительность ленточного дозатора. Контроллер также осуществляет подсчет суммарного веса перемещаемой извести и при достижении данного веса отключает приводной двигатель.

Ленточный весовой дозатор является объектом управления. Регулируемая величина объекта – массовый расход Q , его регулирующее воздействие – количество оборотов в минуту n , подаваемое от двигателя на устройство дозирования. В качестве дозирующего элемента будет использоваться ленточный весовой дозатор марки М8401.

Асинхронный электродвигатель АИР 80А2 работает при подаче переменного тока трёхфазной сети. Этот тип двигателя характеризуется простотой и надёжностью в эксплуатации, что делает его популярным выбором для различных промышленных и бытовых нужд. Для управления скоростью вращения электродвигателя применяется преобразователь частоты ПЧВ1-1К5-В, предназначенный для работы с трехфазными асинхронными двигателями. Устройство контроля скорости УКС-1 предназначено для контроля скорости ленты ленточного конвейера либо для контроля движения цели скребкового конвейера и работы механизмов. В качестве датчика веса выбран Н2F – тензометрический датчик мембранных типа (шайба). В качестве управляющего элемента будет использоваться программируемое реле ОВЕН ПР200.

Математическое описание системы, то есть получение ее математической модели, начинается с разбиения ее на звенья и описания этих звеньев. Последнее может осуществляться либо аналитически в виде уравнений, связывающих входные и выходные величины звена, либо графически в виде характеристик, описывающих ту же связь. По уравнениям или характеристикам отдельных звеньев составляются уравнения или характеристики системы в целом, на основании которых и исследуется система. Динамические свойства объекта управления и элементов САУ описываются нижеприведёнными уравнениями.

Структурная схема объекта управления с двумя переключательными функциями представлена на рисунке 2.

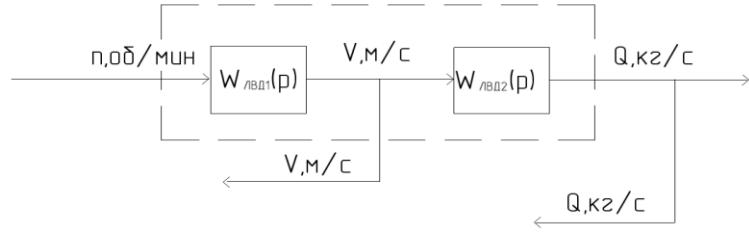


Рис. 2 Структурная схема ленточного весового дозатора

Передаточные функции дозатора имеют вид:

$$W_{ЛВД1}(p) = k_{ЛВД1};$$

$$W_{ЛВД2}(p) = k_{ЛВД2} \cdot e^{-\tau p}.$$

Коэффициенты передачи $k_{ЛВД1}$ и $k_{ЛВД2}$ рассчитываются по формулам:

$$k_{ЛВД1} = \frac{V}{n};$$

$$k_{ЛВД2} = \frac{Q}{V};$$

где V – скорость движения ленты, м/с; n – количество оборотов в минуту, об/мин; Q – массовый расход, кг/с.

Время задержки вычисляется по формуле:

$$\tau = \frac{h}{V};$$

где h – ширина ленты, м;

Аппроксимация транспортного запаздывания вычисляется по формуле:

$$e^{-\tau p} = \frac{1}{T_p + 1}.$$

Тогда передаточная функция $W_{ЛВД2}(p)$ примет вид:

$$W_{ЛВД2}(p) = \frac{k_{ЛВД2}}{T_{ЛВД2} p + 1};$$

Передаточная функция асинхронного двигателя при нулевых начальных условиях примет вид:

$$W_d(p) = \frac{k_d}{T_d p + 1};$$

где k_d – коэффициент передачи двигателя; T_d – постоянная времени двигателя, с.

$$k_d = \frac{n}{f};$$

где f – частота на выходе преобразователя.

Передаточная функция преобразователя частоты при нулевых начальных условиях примет вид:

$$W_{пЧ}(p) = k_{пЧ};$$

$$k_{пЧ} = \frac{f}{U};$$

где U – напряжение на входе преобразователя.

Передаточная функция линейного датчика скорости при нулевых начальных условиях примет вид:

$$W_{DC}(p) = k_{DC} = \frac{U}{V};$$

Передаточная функция тензодатчика веса при нулевых начальных условиях примет вид:

$$W_{TB}(p) = k_{TB} = \frac{U}{m};$$

При проектировании систем управления используются различные способы управления. Наибольшее распространение получили системы, выполненные по принципам подчиненного регулирования. Отличительная особенность этого принципа – каскадное включение регуляторов, количество которых соответствует количеству контролируемых параметров электропривода.

На схеме регуляторы РП и РС включены каскадно, причем на входе регулятора каждого из контуров сравниваются сигналы, пропорциональные заданному и действительному значениям выходной координаты данного контура, а выходное напряжение регулятора служит задающим сигналом для последующего контура.

Разработанная структурная схема САУ представлена на рисунке 17.

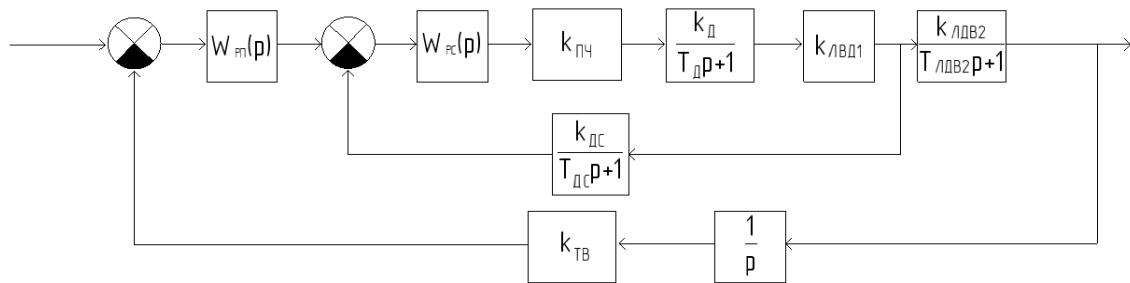


Рис. 3. Структурная схема САУ производительности дозатора:
РП – регулятор производительности; РС – регулятор скорости ленты

Двигатель постоянного тока независимого возбуждения в простейшем случае характеризуется последовательным соединением апериодических звеньев. В качестве некомпенсируемой (малой) постоянной времени T_μ принимается постоянная времени двигателя

$$T_D = T_\mu.$$

Настроим внутренний контур тока на технический оптимум (ТО). Смысл настройки на технический оптимум заключается в том, чтобы в наиболее широкой полосе частот сделать модуль частной характеристики близким к единице, то есть, чтобы система равномерно пропускала сигнал в наиболее широком диапазоне частот. Чем шире полоса пропускания, тем меньше время переходного процесса контура.

При настройке на технический оптимум передаточная функция разомкнутой системы должна иметь вид:

$$W_P(p) = \frac{1}{2T_\mu p(T_\mu p + 1)}. \quad (1)$$

В этом случае переходный процесс не зависит от постоянной времени объекта, а определяется величиной T_μ (0,01 - 0,001с). Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика имеет наклоны -20, -40 дБ/дек с частотой среза ω_{CP} и частотой сопряжения ω_c :

$$\omega_{CP} = \frac{1}{2T_\mu};$$

$$\omega_c = \frac{1}{T_\mu};$$

Внутренний контур системы изображен на рисунке 4.

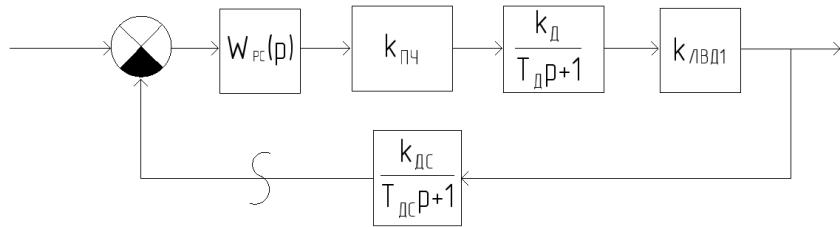


Рис. 4. Внутренний контур системы

Передаточная функция внутреннего контура, представленного на рисунке 18, имеет вид:

$$W_p(p) = W_{PC}(p) \cdot k_{nq} \cdot \frac{k_d}{T_d p + 1} \cdot k_{lvd1} \cdot \frac{k_{dc}}{T_{dc} p + 1}. \quad (2)$$

Передаточная функция регулятора скорости рассчитывается по формуле:

$$W_{PC}(p) = k_n + \frac{k_u}{p},$$

где k_n – дифференциальная составляющая; k_u – интегральная составляющая.

Приравнивая выражения (1) и (2) получим передаточную функцию регулятора скорости:

$$W_{PC}(p) = \frac{(T_\mu p + 1) \cdot (T_{dc} p + 1)}{2T_\mu p \cdot (T_\mu p + 1) \cdot k_{nq} \cdot k_d \cdot k_{lvd1} \cdot k_{dc}} = \frac{(T_{dc} p + 1)}{2T_\mu p \cdot k_{nq} \cdot k_d \cdot k_{lvd1} \cdot k_{dc}}. \quad (3)$$

Упрощаем выражение (3) и получаем:

$$W_{PC}(p) = \frac{T_{dc}}{2T_\mu \cdot k_{nq} \cdot k_d \cdot k_{lvd1} \cdot k_{dc}} + \frac{1}{2T_\mu p \cdot k_{nq} \cdot k_d \cdot k_{lvd1} \cdot k_{dc}};$$

$$k_n = \frac{T_{dc}}{2T_\mu \cdot k_{nq} \cdot k_d \cdot k_{lvd1} \cdot k_{dc}};$$

$$k_u = \frac{1}{2T_\mu p \cdot k_{nq} \cdot k_d \cdot k_{lvd1} \cdot k_{dc}}.$$

Получается, что при настройке системы на ТО с объектом регулирования в виде апериодического звена в систему должен быть включен пропорционально-интегральный регулятор (ПИ-регулятор).

Значения, подставленные в ПИ-регулятор, представлены на рисунке 5.

Название	Имя	Формула	Значение
Тип регулятора	mode		PI
Начальные условия	y0		[0]
Пропорциональная составляющая	kp	0.47	[0.47]
Интегральная составляющая	ki	0.093	[0.093]

Рис. 5. Значения ПИ-регулятора

Передаточная функция внутреннего контура после упрощения примет вид:

$$W_3(p) = \frac{1 / k_{DC}}{2T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1}.$$

Так как T_{μ} малая величина ($T_{\mu} \ll 1$), то можно приближенно записать:

$$W_3(p) = \frac{1 / k_{DC}}{2T_{\mu} p + 1};$$

$$W_3(p) = \frac{0,1}{0,52 p + 1}.$$

Тогда внешний контур системы примет вид, представленный на рисунке 6.

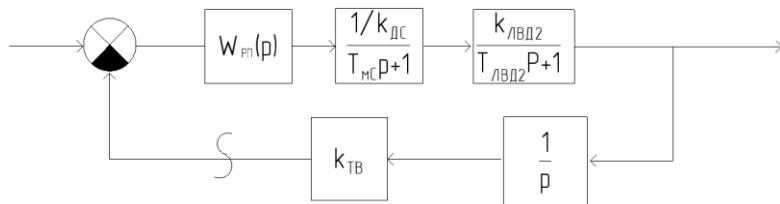


Рис.6. Внешний контур системы

Некомпенсируемой постоянной является постоянная времени $T_{\mu C} = 2T_{\mu}$, а объектом для компенсации – апериодическое звено.

$$T_{\mu C} = 2T_{\mu} = 2T_{\mu} = 2 \cdot 0,26 = 0,52 \text{ с.}$$

Передаточная функция разомкнутой системы внешнего контура согласно рисунку 6 имеет вид:

$$W_P(p) = W_{P\mu}(p) \cdot \frac{1 / k_{DC}}{T_{\mu C} p + 1} \cdot \frac{k_{LVD2}}{T_{LVD2} p + 1} \cdot \frac{1}{p} \cdot k_{TB}. \quad (4)$$

Передаточная функция регулятора производительности рассчитывается по формуле:

$$W_{P\mu}(p) = k_{\mu} + k_{\mu} \cdot p.$$

где k_{μ} – пропорциональная составляющая; k_{μ} – дифференциальная составляющая;

При настройке на технический оптимум передаточная функция регулятора производительности, с учетом выражений (1) и (4) примет вид:

$$W_{P\mu}(p) = \frac{(T_{\mu C} p + 1) \cdot (T_{LVD2} p + 1) \cdot k_{DC} \cdot p}{2T_{\mu C} p (T_{\mu C} p + 1) \cdot k_{LVD2} \cdot k_{TB}} = \frac{(T_{LVD2} p + 1) \cdot k_{DC}}{2T_{\mu C} \cdot k_{LVD2} \cdot k_{TB}}. \quad (5)$$

Упрощаем выражение (3) и получаем:

$$W_{P\mu}(p) = \frac{k_{DC}}{2T_{\mu C} \cdot k_{LVD2} \cdot k_{TB}} + \frac{k_{DC} \cdot T_{LVD2}}{2T_{\mu C} \cdot k_{LVD2} \cdot k_{TB}} \cdot p.$$

То есть, регулятор должен быть пропорционально-дифференциальным регулятором (ПД-

регулятор), а регулирование оказывается статическим, что может привести к появлению статической ошибки.[17]

Пропорциональный и дифференциальный коэффициенты равны:

$$k_n = \frac{k_{dc}}{2T_{\mu c} \cdot k_{lvd2} \cdot k_{tb}};$$

$$k_d = \frac{k_{dc} \cdot T_{lvd2}}{2T_{\mu c} \cdot k_{lvd2} \cdot k_{tb}}.$$

Значения, подставленные в ПД-регулятор, изображены на рисунке 7.

Название	Имя	Формула	Значение
Тип регулятора	mode		PD
Начальные условия	y0		[0]
Пропорциональная составляющая	kp	3.7	[3.7]
Дифференциальная составляющая	kd	2.2	[2.2]
Постоянная времени дифференциатора	tdif		[0.01]

Рис. 7. Значения ПД-регулятора

Для получения астатического регулирования производительности может быть использован симметричный оптимум (СО). Этому названию соответствует симметричная относительно частоты среза ω_{cp} ЛАЧХ оптимизированного разомкнутого внешнего контура с передаточной функцией:

$$W_p(p) = \frac{4T_{\mu c}p + 1}{8T_{\mu c}^2p^2(T_{\mu c}p + 1)}. \quad (6)$$

Частота среза (ω_{cp}) и частота сопряжения (ω_{c1}, ω_{c2}) имеют вид:

$$\omega_{cp} = \frac{1}{2T_{\mu c}}; \quad \omega_{c1} = \frac{1}{4T_{\mu c}}; \quad \omega_c = \frac{1}{T_{\mu c}}.$$

Настроим внешний контур на симметричный оптимум. С учетом выражений (4) и (6) передаточная функция регулятора примет вид:

$$W_{pp}(p) = \frac{(4T_{\mu c}p + 1)(T_{\mu c}p + 1)(T_{lvd2}p + 1) \cdot p \cdot k_{dc}}{8T_{\mu c}^2p^2(T_{\mu c}p + 1) \cdot k_{lvd2} \cdot k_{tb}} = \frac{(4T_{\mu c}p + 1)(T_{lvd2}p + 1) \cdot k_{dc}}{8T_{\mu c}^2p \cdot k_{lvd2} \cdot k_{tb}}. \quad (7)$$

Регулятор должен быть пропорционально-интегрально-дифференциальным регулятором (ПИД-регулятор).

Значения, подставленные в ПИД-регулятор, представлены на рисунке 8.

Название	Имя	Формула	Значение
Тип регулятора	mode		PID
Начальные условия	y0		[0]
Пропорциональная составляющая	kp	0.8	[0.8]
Интегральная составляющая	ki	0.1	[0.1]
Дифференциальная составляющая	kd	1.2	[1.2]
Постоянная времени дифференциатора	tdif		[0.01]

Рис. 8. Значения ПИД-регулятора

После того, как рассчитаны все передаточные функции, подобраны регуляторы скорости и

производительности, можно производить моделирование системы автоматического управления в программных продуктах.

Литература

1. Баранов, Д. А. Автоматизация процессов дозирования в промышленности. / Д. А. Баранов, И. Н. Ковалев. – Москва: ФГБОУ ВПО «МГУП», 2019. – 150 с.
2. Гаврилов, А. Н. Средства и системы управления технологическими процессами: Учебное пособие/А. Н. Гаврилов. – СПб: Лань, 2019. – 376 с.
3. Гусев, А. В. Автоматизация технологических процессов. / А. В. Гусев. – Москва: Энергия, 2015. – 320 с.

УДК 621.31

Обеспечение теплоснабжения автономного полевого лагеря

¹Костин Дмитрий Александрович, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»;

¹Кудашева Ирина Олеговна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»;

²Кудашев Кирилл Дмитриевич, ученик;

²Горбунов Егор Вячеславович, ученик;

²Землянская Полина Константиновна, ученик;

¹Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

²Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение

«Гимназия №1 имени Героя Советского Союза Дмитрия Захаровича Тарасова», г. Балаково

В статье описывается разработка системы теплоснабжения автономного полевого лагеря вместимостью 500 человек. Авторы приводят основные статьи теплопотребления лагеря и способы обеспечения тепловой нагрузки.

В настоящее время все чаще происходят различного рода чрезвычайные ситуации (ЧС) – как природного, так и техногенного характера. Ситуацию также осложняет непростая политическая и экономическая обстановка. В этих условиях все большую актуальность приобретает надежное энергоснабжение автономных объектов, в том числе, и таких как автономные полевые лагеря различного назначения: для военных, туристических, научных целей, для эвакуации людей в условиях ЧС.

Прототипом для автономного объекта временного размещения людей, использовался автономный полевой лагерь АПЛ-500, который представляет собой городок закрытого цикла

жизнеобеспечения и предназначен для быстрого создания необходимой инфраструктуры при краткосрочном и долгосрочном развертывании войсковых формирований различного назначения в районах временного и постоянного сосредоточения на неосвоенных местах базирования.

Повысить эффективность энергоснабжения подобного лагеря можно за счет применения альтернативных источников энергии, таких как солнечные панели и ветрогенераторы, а также использованием когенерационных установок на базе дизель-генераторов [1], производящих одновременно и электрическую и тепловую энергию. Солнечные панели и ветрогенераторы должны покрывать основную потребность лагеря в электроэнергии. Дизель-генераторы, в свою очередь, выступают в качестве резервных источников электроэнергии и для обеспечения горячего водоснабжения (ГВС) отдельных модулей лагеря. Такая конфигурация позволит существенно сократить расходы на дизельное топливо, которое в настоящее время и является преимущественно источником энергии для подобных объектов.

Рассмотрим вопросы, которые касаются непосредственно системы теплоснабжения полевого лагеря.

Главными объектами теплопотребления лагеря являются:

- зона проживания;
- зона питания;
- зона санитарно-гигиенического обеспечения;
- зона бытового обслуживания.

Для зоны проживания основной тепловой нагрузкой является отопительная. Эта задача решается путем применения кварцевых обогревателей – монолитных электроприборов, изготовленных из прессованного кварца с добавлением белой глины и мраморной крошки. Такие обогреватели позволяют обогреть небольшие по площади помещения. Потребляемая электрическая мощность одного обогревателя составляет 0,4 кВт. Для поддержания комфортных условий в жилых палатках пневмокаркасного типа в холодное время необходимо десять таких обогревателей на одну палатку. Количество кварцевых обогревателей, размещаемых в различных модулях, приведено в таблице 1.

Таблица 1

Размещение кварцевых обогревателей в модулях полевого лагеря

Наименование	Количество модулей	Количество обогревателей в модуле
Палатка временного размещения людей	16	10
Модуль проживания руководящего состава штаба АПО временного размещения людей	5	1
Модульный блок (Штаб)	2	2
Модуль дежурного по лагерю	1	1
Палатка временного размещения больных	1	3
Модуль медпункта	1	1
Палатка-столовая	1	25
Модуль заготовки мяса рыбы овощей	1	1

Кроме отопления, тепловая энергия также необходима для обеспечения горячего водоснабжения (ГВС) в следующих модулях:

- Модуль заготовки мяса рыбы овощей;
- Модуль приготовления холодных и горячих блюд;
- Модуль приготовления горячих блюд;
- Модуль - моечная столовой и кухни;
- Палатка для организации прачечной зоны;
- Модульный прачечный блок;
- Санитарный контейнер пищеблока;
- Контейнер туалет;
- Контейнер-душевая;
- Контейнер умывальник.

Расчеты тепловых потоков показал, что суммарное количество теплоты на ГВС для этих модулей составит 20,08 кВт в сутки.

Эта тепловая нагрузка может полностью покрываться работой когенерационных установок. При этом сами установки будут работать на минимальных мощностях и в определенное время, что позволит сэкономить используемое топливо.

В когенерационных установках получение тепловой энергии является производной от выработки электрической энергии и направлено на повышение коэффициента использования топлива за счет утилизации тепла выхлопных газов и охлаждающей жидкости дизеля [1].

Теплота Q_{CY} , которую можно получить от когенерационной установки, определяется как

$$Q_{CY} = Q_m + Q_{охл.} + Q_r, \quad (1)$$

где Q_m – количество теплоты, от охлаждающего масла; $Q_{охл.}$ – количество теплоты, от системы охлаждения дизеля; Q_r – количество теплоты, от выпускных газов [2].

На рис. 1 представлена схема системы утилизации теплоты дизель-генератора (ДГ) для расчета ее параметров [2].

Согласно схеме, значения параметров, входящих в формулу (1), определяются:

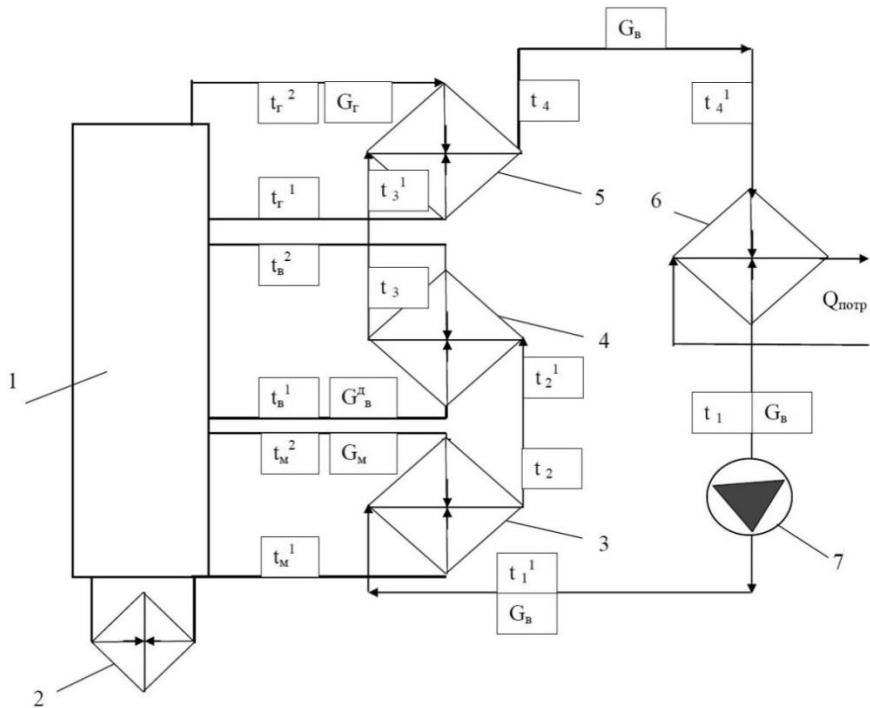
$$Q_m = G_m \cdot c_m \cdot (t_m^2 - t_m^1); \quad (2)$$

$$Q_{охл.} = G_{охл.} \cdot c_{охл.} \cdot (t_{охл.}^2 - t_{охл.}^1); \quad (3)$$

$$Q_r = G_r \cdot c_r \cdot (t_r^2 - t_r^1). \quad (4)$$

где G_m , $G_{охл.}$ – расходы циркуляционного масла в двигателе и охлаждающей жидкости охлаждения двигателя, не зависят от нагрузки на ДГ, т.к. обороты двигателя на привод генератора являются постоянными во всем диапазоне нагрузок; G_r – расход выхлопных газов, зависит от нагрузки на ДГ в связи с изменением расхода воздуха и топлива; c_m , $c_{охл.}$ – удельная теплоемкость соответствующих теплоносителей масла и охлаждающей жидкости, при незначительном изменении рабочих температур теплоносителей можно принять, что эти параметры не изменяются и являются

постоянными; c_t – удельная теплоемкость выхлопного газа, также изменяется от температуры выхлопного газа, которая в свою очередь может существенно меняться от нагрузки на ДГ.



1 – дизель-генератор; 2 – водо-водяной теплообменник (охлаждение надувочного воздуха); 3 – водомасляный теплообменник (охлаждение масла); 4 – водо-водяной теплообменник (охлаждение воды, охлаждающей двигатель); 5 – водогазовый теплообменник; 6 – водо-водяной теплообменник потребителя; 7 – автономный водяной насос системы утилизации

Рис. 1. Схема системы утилизации теплоты дизель-генератора

Согласно экспериментальным данным, значения составляющих параметров формулы (1), также зависят и от электрической мощности дизель-генератора Pe и определяются по выражениям [3]:

$$Q_M = 57,164 + 0,3575 \cdot Pe - 0,0003266 \cdot Pe^2; \quad (5)$$

$$Q_{\text{окл}} = 62,596 + 0,4932 \cdot Pe - 0,000169 \cdot Pe^2; \quad (6)$$

$$Q_r = -26,391 + 1,2305 \cdot Pe - 0,000484 \cdot Pe^2. \quad (7)$$

Таким образом, остается определить электрическую мощность P_e , на которой когенерационная установка сможет обеспечить необходимое количество теплоты на ГВС лагеря. При этом излишки вырабатываемой энергии будут накапливаться в аккумуляторных батареях и использоваться в случае внезапного повышения электропотребления лагеря (подключение нового оборудования, проведение работ, требующих повышенного расхода электроэнергии).

Применение средств малой энергетики для энергоснабжения автономного полевого лагеря позволяет повысить его эффективность, а также существенно снизить расход используемого дизельного топлива и затраты на его приобретение и транспортировку к месту размещения лагеря. Однако, не стоит забывать, что применение тех или иных источников электроэнергии (ветрогенераторов или солнечных панелей) совместно с когенерационными установками во многом зависит от географического положения размещаемого лагеря – в одном случае могут преобладать солнечные панели, а в другом – ветрогенераторы, что не отменяет их эффективности при совместной работе в составе единого энергетического комплекса.

Литература

1. Комбинированные энергоустановки объектов малой энергетики. / А.Н. Агафонов, В.О. Сайданов, В.Н. Гудзь – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. – 262 с.
2. Костин, Д.А. Автоматизация расчета дополнительного источника тепла / Д.А. Костин, А.В. Разуваев, Е.Р. Кожанова // Молодой ученый. – 2013. – № 12 (59). - С. 138-141.
3. Гребнев, В. М. Метод расчета системы утилизации теплоты стационарной энергетической установки / В. М. Гребнев, А. В. Разуваев, Д. А. Костин // Двигателестроение. – 2013. – № 4(254). – С. 37-41.

УДК 621.384.6

Ядерно-релятивистский реактор: фантастика или энергия будущего?

Краснолудская Дарья Николаевна, студент направления

«Электроэнергетика и электротехника»;

Краснолудский Николай Викторович, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

Статья посвящена анализу гипотетического источника энергии, известного как «ядерно-релятивистский реактор» - устройства, в котором энергия выделяется не за счет деления тяжелых ядер или синтеза легких, а в результате ядерных реакций, инициированных релятивистскими частицами (например, разогнанными до околосветовых скоростей). Рассматриваются физические принципы, потенциально лежащие в основе такого реактора. На основе обзора делается вывод о том, что создание ядерно-релятивистского реактора представляется крайне сложной задачей. Статья утверждает, что дальнейшие исследования в этой области, подпитываемые прогрессом в ускорительной технике и материаловедении, могут открыть путь к созданию чрезвычайно мощных и экологически чистых энергетических систем далекого будущего, переместив эту концепцию из разряда научной фантастики в сферу стратегических энергетических исследований.

В мире, который остро нуждается в чистой и безопасной энергии, ученые постоянно ищут принципиально новые решения. На смену традиционной атомной энергетике, основанной на делении тяжелых ядер, могут прийти технологии, использующие процессы, лежащие на стыке ядерной физики и теории относительности. Энергетика, основанная на принципах ядерно-релятивистских технологий (ЯРТ), представляет собой комплекс, состоящий из ядерного реактора и встроенного в него высокоэнергетического ускорителя частиц.

Одной из таких потенциальных технологий является ядерно-релятивистский реактор (ЯРР) [1].

Ядерно-релятивистский реактор (рис.1) – это гипотетический тип энергетической установки, в котором для инициирования ядерных реакций используются релятивистские пучки частиц (как

правило, электронов или протонов), разогнанные до скоростей, близких к скорости света.

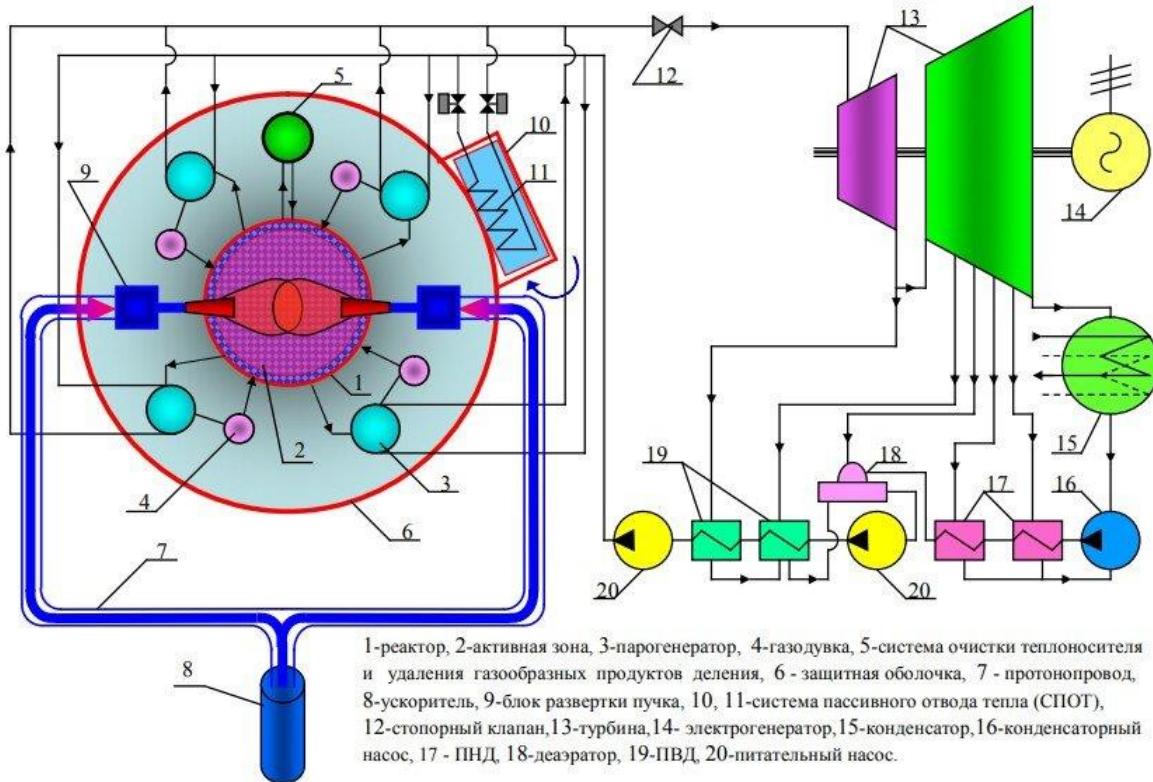


Рис. 1. Принципиальная схема ЯРТ - реактора

В реакторе создается мощный пучок электронов, которые разгоняются в линейном или циклическом ускорителе до гигантских энергий (порядка нескольких десятков МэВ и выше). Этот релятивистский пучок направляется на мишень из тяжелого элемента, например, вольфрама или свинца.

При столкновении быстрых электронов с ядрами мишени возникает тормозное γ -излучение (жесткое рентгеновское или гамма-излучение). Кванты этого излучения, обладающие высокой энергией, могут напрямую взаимодействовать с ядрами мишени, выбивая из них нейтроны, протоны или даже вызывая деление ядер. Этот процесс называется фотоядерной реакцией или фотоделением.

Высвобождаемые нейтроны могут, в свою очередь, использоваться для поддержания управляемой цепной реакции в окружающем ядерном топливе (например, тории-232 или уране-238) или для выжигания (трансмутации) радиоактивных отходов.

Ключевое отличие от классического ядерного реактора - отсутствие самоподдерживающейся цепной реакции деления. Процесс полностью управляемый ускорителем. При выключении ускорителя - через доли секунды прекратились и ядерные реакции. Это кардинально меняет парадигму безопасности.

Если технологические барьеры будут преодолены, ЯРР может найти применение в нескольких ключевых областях:

1. Энергетика нового поколения – ЯРР рассматривается как основа для создания

чрезвычайно безопасных атомных электростанций. Его можно использовать для эффективного «сжигания» тория, запасы которого на Земле огромны, а также урана-238, который составляет основную массу добываемого урана и почти не используется в современных реакторах.

2. Трансмутация радиоактивных отходов – одна из самых острых проблем современной атомной энергетики — утилизация долгоживущих высокоактивных отходов. Поток нейтронов в ЯРР можно настроить так, чтобы «выжигать» наиболее опасные изотопы (например, продукты деления с длительным периодом полураспада), превращая их в стабильные или короткоживущие элементы. Это позволит сократить сроки хранения отходов с сотен тысяч лет до нескольких столетий.

3. Производство редких изотопов – мощный нейтронный поток — это уникальный инструмент для синтеза редких и дорогостоящих изотопов, необходимых в медицине (для диагностики и терапии рака), научных исследованиях и промышленности.

4. Исследовательские установки – ЯРР может служить многоцелевым исследовательским комплексом для изучения фундаментальных свойств ядерной материи и физики высоких энергий.

К основным достоинствам ядерно-релятивистского реактора относятся:

- Фундаментальная безопасность – реакция зависит от внешнего источника частиц. Любая нештатная ситуация приводит к мгновенной остановке ускорителя и, как следствие, к почти моментальному прекращению ядерных процессов. Риск неконтролируемой цепной реакции и расплавления активной зоны, в принципе, отсутствует.
- Снижение объема радиоактивных отходов – возможность трансмутации существующих отходов и меньший выход долгоживущих изотопов в собственном топливном цикле.
- Расширенная топливная база – возможность использования тория и обедненного урана, что многократно увеличивает доступные ресурсы для атомной энергетики.
- Отсутствие делящихся материалов в активной зоне – в некоторых схемах ЯРР не требуется обогащенный уран или плутоний, что значительно снижает риски распространения ядерного оружия.

На пути к практической реализации ЯРР стоит ряд серьезных препятствий:

1. Высокое энергопотребление – сам ускоритель частиц требует огромного количества электроэнергии для своей работы. Критически важным параметром является коэффициент усиления (K) - отношение выработанной реактором энергии к энергии, затраченной на работу ускорителя. На сегодняшний день ни одна экспериментальная установка не продемонстрировала $K > 1$ в устойчивом режиме, то есть они являются не источниками, а потребителями энергии.

2. Технологическая сложность и стоимость – создание мощных, надежных и эффективных ускорителей, а также материалов, способных десятилетиями выдерживать колоссальные радиационные нагрузки, является задачей чрезвычайной сложности и дороговизны.

3. Радиационное повреждение конструкционных материалов – интенсивные потоки

нейтронов и γ -излучения будут быстро разрушать материалы мишени и корпус реактора, что требует частой замены компонентов и создает дополнительные объемы радиоактивных отходов.

4. Активация компонентов – под воздействием нейтронного облучения сами материалы конструкции реактора становятся радиоактивными, хотя эта активность, как правило, менее долгоживущая, чем у осколков деления

В России немало усилий для популяризации концепции «ЯРТ-ОЯТ» приложил Игорь Николаевич Острецов, доктор технических наук, профессор, специалист по ядерной физике и атомной энергетике.

При этом большая часть специалистов игнорирует ЯРТ и считает идеи Острецова И.Н. ненаучными. Критики считают, что концепция ЯРТ-энергетики несостоятельна и не может быть реализована [2-3].

На западе эта концепция называется «Субкритический реактор с ускорителем», или «Accelerator-Driven System» (ADS). Более того, был даже построен экспериментальный комплекс «MYRRHA» (рис. 2) с ускорителем частиц для отработки ЯРТ-концепции. Данный комплекс тестировался почти 10 лет на предмет возможности реализации ЯРТ-технологии, на основании чего был получен однозначный вывод – концепция ЯРТ энергетики вполне состоятельна и реализуема. Но оказалось, что не всё так однозначно.



Рис. 2. «MYRRHA» (Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications) - первая в мире крупномасштабная ускорительная система (ADS), состоящая из подкритического ядерного реактора, приводимого в движение мощным линейным ускорителем.

Ускоритель частиц (протонов или электронов), требуемый для эффективной работы ЯРТ, стоит в 5 раз дороже самого ядерного реактора, при этом 30% электрической мощности ядерного реактора уходит на обеспечение работы этого ускорителя, кроме того, ускоритель частиц будет представлять из себя установку длиной 500 метров.

Всё это увеличивает стоимость ЯРТ – реактора мощностью в 1000 МВт в 8-10 раз по сравнению с аналогичной по мощности традиционной АЭС.



Рис. 3. «J-PARC» - Японский исследовательский комплекс с ускорителем частиц, который будет применяться в экспериментах с ADS.

Однако, несмотря на дороговизну, сама концепция ЯРТ – энергетики выглядит соблазнительно. И к ней проявляют интерес Франция, США, Япония (рис. 3), Швеция и даже Германия.

Ядерно-релятивистский реактор сегодня остается скорее предметом серьезных теоретических изысканий и дорогостоящих экспериментов, чем готовой к внедрению технологией. Несмотря на свои впечатляющие преимущества в области безопасности и обращения с отходами, он сталкивается с фундаментальными физико-техническими и экономическими проблемами.

Тем не менее, исследования в этой области продолжаются по всему миру. ЯРР представляет собой один из возможных путей эволюции ядерной энергетики в сторону большей безопасности и устойчивости. Будет ли этот путь пройден до конца, покажет время и прогресс в смежных областях науки и техники. Пока же это - многообещающая, но очень сложная и отдаленная перспектива.

Литература

1. Власов, Н.А. Релятивистская ядерная физика и физика частиц / Н. А. Власов. – М.: Наука, 2020. – 456 с.
2. Кадомцев, Б.Б. Ускорители и проблема энергетики будущего // Успехи физических наук. - 2018. – Т. 188, № 5. – С. 545-558.
3. Лаверов, Н.П., Велихов, Е.П. Стратегические ресурсы и новые физические принципы энергопроизводства // Вестник Российской академии наук. – 2021. – Т. 91, № 3. – С. 195-206.

Свариваемость теплоустойчивых сталей, применяемых в атомной промышленности

Кудашева Ирина Олеговна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Костин Дмитрий Александрович, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Магеррамова Арина Рауфовна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье приводится классификация теплоустойчивых сталей. Авторы рассматривают характеристики свариваемости сталей и различные режимы сварки. Также в статье показано, что надежность оборудования атомных электростанций напрямую зависит от качества сварных соединений, выполненных из теплоустойчивых сталей.

Теплоустойчивые стали играют незаменимую роль в создании аппаратуры для атомной промышленности. Способность к сварке этих сплавов напрямую влияет на прочность и долговечность сварных узлов, что крайне важно для безопасного функционирования ядерных установок. Данные стали широко применяются в энергетическом машиностроении при изготовлении компонентов парогенераторов, турбин, ядерных реакторов и теплообменных устройств.

В процессе сварки плавлением происходит трансформация характеристик соединяемого металла, что является следствием его плавления и затвердевания при формировании шва. Также происходит трансформация структуры и упругопластических деформаций в зоне, прилегающей к шву. Эти процессы приводят к физико-химической гетерогенности сварных соединений и возникновению локального напряженного состояния, что может негативно сказываться на их функциональности и снижать эксплуатационную надежность конструкций.

Уровень гетерогенности сварных соединений зависит от характеристик основных и добавочных металлов, метода сварки и габаритов свариваемых компонентов.

Теплоустойчивая сталь представляет собой сплав, разработанный для работы при высоких температурах, доходящих до 650 градусов Цельсия, и давлениях в диапазоне 250-300 атмосфер. Важными характеристиками являются также ее устойчивость к кратковременным и продолжительным нагрузкам. Данный тип стали находит широкое применение в условиях агрессивных сред, обеспечивая надежную работу в течение 10-100 тысяч часов.

В атомной энергетике применяются следующие основные типы теплоустойчивых сталей:

- Перлитные стали. Стали корпусов реакторов ВВЭР из аустенитных сталей делать нельзя, т.к. трудно обрабатывать и сваривать. У перлитных сталей более высокая технологичность, они не

подвергаются коррозионному растрескиванию и в 7-8 раз дешевле (15Х2МФА, 15Х2МФА-А).

- Мартенситно-ферритные стали. Сварка мартенситно-ферритных высокомарганцевистых сталей должна выполняться только при положительной температуре окружающего воздуха (08Х13, 08Х12С2М).
- Аустенитные стали. Основные преимущества - высокие механические характеристики, такие как прочность, пластичность, коррозионная стойкость в большинстве рабочих сред, хорошая технологичность [1]. В атомной промышленности аустенитные стали используются для изготовления оболочек твэлов в реакторах на быстрых нейтронах, таких как БН-600 и БН-800 (ЧС68) [2].

Свариваемость – это многогранное свойство металлов и сплавов, отражающее их поведение при сварке. Она определяет, насколько хорошо материал подходит для создания сварных соединений, отвечающих требованиям дальнейшей эксплуатации. Свариваемостью можно считать показатель технологической способности металла или сплава успешно подвергаться сварке с образованием надежного и долговечного соединения. Эта характеристика учитывает различные факторы, влияющие на процесс сварки и качество шва.[3]

Таблица 1

Сварочные материалы, применяемые при сварке теплоустойчивых сталей

Марка стали	Марка электрода	Флюс и проволока для автоматической сварки	Проволока для полуавтоматической сварки в СО ₂	Присадочная проволока для аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом
12МХ	ЦЛ-14 ЦУ-2МХ	АН-22 Св-10МХ	-	Св-10МХ
15ХМ 20ХМ-Л	ЦУ-2МХ ЦЛ-38 УОНИ-13ХМ	АН-22 ФЦ-11 Св-10ХМ	Св-08ХГ2СМ	Св-10ХМ Св-08ХГ2СМ
12Х1МФ 20ХМФ-Л 15Х1М1Ф	ЦЛ-20А ЦЛ-20Б ЦЛ-39	АН-22 ФЦ-11 Св-08ХМФ	Св-08ХГСМФ	Св-08ХМФ Св-08ХГСМФ
12Х2МФСР 15Х2МФБ	ЦЛ-40	-	-	Св-08ХМФ Св-08ХГСМФ
15Х11МФ	КТИ-9	-	-	Св-10Х11МФН
15Х12ВМФ 15Х11В2МФ	КТИ-10 ЦЛ-32		-	Св-10Х11ВМФН

Рассмотрим некоторые характеристики свариваемости:

- Чувствительность к термическому воздействию. Указывает на рост зерна, а также изменения структуры металла в шве и зоне теплового воздействия сварки, влияет на прочность и пластичность готовой конструкции или детали.
- Устойчивость к образованию горячих трещин. Указывает на способность металлов и сплавов выдерживать высокие температуры без образования внутренних дефектов.
- Склонность к образованию оксидных пленок. Зависит от химической активности металла, окисляемость в местах нагрева затрудняет процесс сварки.
- Стойкость к образованию холодных трещин. Характеризует возможность образования

дефектов сварных соединений при охлаждении сварных швов.

- Склонность к образованию пор. Может снижать прочность неразрывного соединения и препятствовать созданию герметичного шва.

В зависимости от характеристик свариваемости, стали классифицируют на четыре категории.

1. Хорошо свариваемые. При термической обработке сохраняют высокую прочность, сварной шов выдерживает значительные механические нагрузки. Сварку можно выполнять без предварительного нагрева металла.

2. Удовлетворительно свариваемые. При сварке не образуются трещины, но в некоторых случаях требуется предварительный нагрев металла и последующая термическая обработка.

3. Ограниченно свариваемые. Качественный шов без образования трещин может достигаться только при предварительной и последующей термообработке металла.

4. Плохо свариваемые. К этой группе относятся стали, которые не могут быть соединены качественным швом без образования трещин. При сварке необходим постоянный нагрев, однако и это не обеспечивает необходимой прочности шва.

Рассмотрим ряд особенностей сварки теплоустойчивых сталей [4]:

1. В зоне сварного шва и околошовной зоне часто возникают холодные трещины. Металл первого слоя шва обладает меньшей устойчивостью к горячим трещинам. Сварные соединения подвержены растрескиванию при повторном нагреве. Эти стали весьма чувствительны к концентрации напряжений. После сварки необходима термическая обработка соединений, причем важно соблюдать сроки между окончанием сварки и началом термообработки.

2. При сварке теплоустойчивых сталей необходимо принимать меры, способствующие получению сварных соединений с минимальным содержанием водорода (применение электродов с основным типом покрытия, просушка флюса, электродов, защитных газов перед сваркой, подогрев изделия при сварке, использование аргона в качестве защитного газа).

3. Выполнение прихваток и сварка теплоустойчивых сталей производится с предварительным и сопутствующим подогревом.

4. Аргонодуговую сварку корня шва стыковых соединений сталей типа 12ХМ (марки 12МХ, 12ХМ, 15ХМ, 15Х1МФ и др.) допускается выполнять без подогрева вне зависимости от марки стали и толщины свариваемых деталей.

5. Сварку с подогревом рекомендуется выполнять швами малого сечения, с использованием режимов сварки, обеспечивающих низкую погонную энергию (менее 20- 25 кДж/см). Сварку без подогрева следует вести на средних для данных толщин режимах.

6. После окончания сварки должно быть медленное остывание сварного соединения на спокойном воздухе (без сквозняков) или с теплоизоляцией (асбест, шлаковата).

7. При проектировании сварных соединений необходимо стремиться к уменьшению

количества используемого металла при сварке. Следует избегать применения несъемных подкладок, если это возможно. Важно обеспечить постепенное слияние шва с основным материалом, избегая резких переходов. Рекомендуется использовать технику многослойной сварки для формирования швов.

8. При проектировании сварных конструкций следует предпочитатьстыковые соединения другим видам: угловым, тавровым, нахлесточным. Расположение швов должно обеспечивать удобство сварки, надежность ее выполнения и качество сварочных работ [4].

Одним из наиболее критичных этапов в процессе создания сварных соединений является подбор режимов сварки. Правильный выбор этих режимов влияет на качество сварного шва, его прочность, а также эксплуатационные характеристики готового изделия [5].

При механизированных способах сварки основными характеристиками являются следующие параметры: диаметр электродной проволоки, сила сварочного тока, напряжение на дуге, скорость сварки, род тока и его полярность, скорость подачи сварочной проволоки и удельный расход защитного газа [5].

Таблица 2

Режимы частично механизированной сварки в среде СО₂

Толщина материала, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Расход газа, л/м	Вылет электрода, мм
6,0-8,0	1,2	130-180	24-28	25-30	16-18	12-16

Рассмотрим влияние параметров сварки на качество получаемых соединений.

1. Сварочный ток.

Сварочный ток – это величина электрического тока, который проходит через сварочный аппарат и определяет интенсивность сварочного процесса. Он может быть постоянным (DC) или переменным (AC).

Для углеродной стали: ток зависит от толщины материала. Рекомендуется следовать стандартным таблицам, где указаны токи в зависимости от толщины при различных способах сварки;

Для алюминия: необходимо учитывать большую теплопроводность этого материала; ток должен быть выше.

2. Сварочное напряжение.

Сварочное напряжение – это разность потенциалов, которая требуется для образования дуги между электродом и базовым материалом;

Высокое напряжение может привести к образованию широкого шва, но его качество будет ниже; Низкое напряжение, наоборот, обеспечивает более узкий шов с лучшим проплавлением.

3. Скорость сварки.

Скорость сварки - это скорость, с которой сварщик перемещает электроды (или сварочный автомат) вдоль шва;

Слишком высокая скорость приводит к недостаточному прогреву шва и плохому

проплавлению;

Чрезмерно медленная скорость создает перегрев и может приводить к деформации [6].

Высокая свариваемость теплоустойчивых сталей разной выплавки, применяемых в атомной энергетике, обеспечивает долговечную и безопасную эксплуатацию, изготовленных из них изделий. Надежность оборудования атомных электростанций напрямую зависит от качества сварных соединений, выполненных из теплоустойчивых сталей. В связи с этим, тщательное исследование свариваемости этих сталей, учитывающее особенности их выплавки, приобретает первостепенное значение.

Для обеспечения надежности и безопасности конструкций, работающих в условиях высоких температур и давлений в атомной энергетике, необходимо учитывать влияние способа выплавки стали на ее свариваемость.

Комплексный подход к выбору материалов, технологии сварки и контролю качества, учитывающий этот фактор, позволит создавать долговечные и безопасные конструкции, способные выдерживать сложные условия эксплуатации [7].

Литература

1. Герман С.И. Электродуговая сварка теплоустойчивых сталей перлитного класса. - М.: Машиностроение, 1972.
2. Аустенитные стали для АЭС [Электронный ресурс]. – URL: <https://metall.alleasing.ru/austenitnyye-stali-dlya-aes> (дата обращения: 12.10.2025).
3. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
4. Овчинников В.В. Основы технологии сварки и сварочное оборудование: учебник для студ. учреждений СПО /В.В. Овчинников – 3-е изд., стер. – М.: ИЦ «Академия», 2023.
5. Гривняк И. Свариваемость сталей. – М.: Машиностроение, 1984.
6. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т.1. Свариваемость материалов. Справ. изд. /Под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Металлургия, 1991.
7. Глобальная ядерная безопасность. Научно-практический журнал. 2014, № 3 (12). — 2014.

УДК 621.867

**Обоснование условий транспортирования груза
на импульсном инерционном пластинчатом конвейере**
Лускань Олег Александрович, доктор технических наук,
профессор кафедры «Атомная энергетика»;

Балаковский инженерно-технологический институт — филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Балаково

Рассмотрены вопросы определения минимальной массы штучного груза при горизонтальном и пологонаклонном расположении импульсного инерционного пластинчатого конвейера, при которой возможно перемещение груза, а также определения зависимости максимально возможного угла наклона конвейера от геометрических размеров груза и его расположения относительно плоскости транспортирования.

Ключевые слова: штучный груз, пластинчатый настил, угол наклона конвейера, минимальная масса груза, транспортирование.

Современные предприятия и склады, в арсенале которых имеется технологическое оборудование и внутриводской транспорт, вынуждены прямым или косвенным образом создавать собственную единую производственную систему, которая может быть полностью автоматизированной, в том числе гибкой или хотя бы механизированной, включая выполнение технологических и транспортных операций. Чаще всего, для повышения производительности поточных линий, указанные операции объединяют в единый процесс, сокращая при этом время изготовления изделий и более эффективно используя производственные площади. Распространенным видом транспорта производственных предприятий и складов являются приводные конвейеры различных типов, посредством которых выполняются транспортно-технологические операции со штучными грузами, имеющие разнообразные свойства. Говоря о складских операциях, не стоит забывать о рациональных принципах комплексной механизации, подразумевающие укрупнение транспортно-грузовых единиц посредством использования унифицированной тары, грузовых транспортных пакетов, сформированных на поддонах или универсальных и специальных контейнерах, масса которых относится к категории средней и большой.

Одним из распространенных типов транспортно-технологических конвейеров являются пластинчатые конвейеры [1, 2], предназначенные для транспортирования преимущественно тяжелых, крупнокусковых, абразивных, острокромочных и горячих сыпучих и штучных грузов. Достоинства применения пластинчатых конвейеров делают их предпочтительными перед другими типами за счет высокой работоспособности при широком температурном диапазоне, возможности транспортирования более разнообразной номенклатуре грузов, высокой производительности при относительно небольшой скорости движения грузонесущего настила.

Однако сложность конструкции, высокая металлоемкость, большая собственная масса грузонесущего настила, и как следствие, значительная энергоемкость транспортных процессов, обслуживаемых пластинчатыми конвейерами, требуют модернизации их конструкций, особенно это важно в условиях ресурсосбережения, наряду с сохранением высокой ответственности их работы, надежностью, эргономичности эксплуатации и способностью работать в автоматических и автоматизированных режимах. Одним из примеров устранения перечисленных недостатков является разработанная конструкция импульсного инерционного пластинчатого конвейера (ИИПК) [3].

На рисунке 1 представлена конструктивная схема ИИПК, основными элементами которого

являются качающаяся рама 1, установленная на опорных катках 2 и привод 3, выполненный в виде кривошипно-шатунного механизма. На качающейся раме смонтированы направляющие 4 для опоры закрепленного пластинчатого настила 5 к вертикально замкнутым цепям 6, огибающим концевые звездочки 7, оснащенные механизмами свободного хода (остановы) 8.

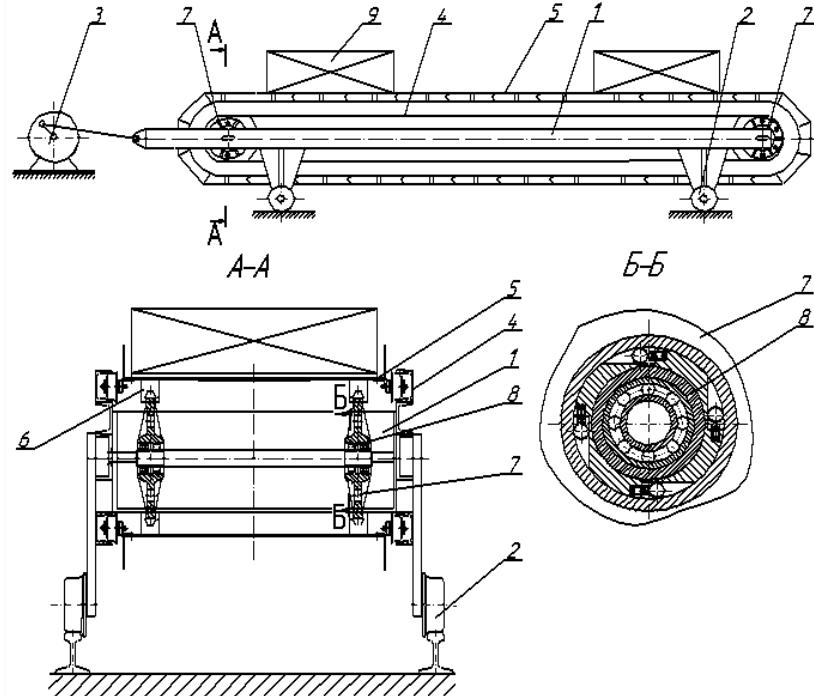


Рис. 1. Конструктивная схема ИИПК

Для осуществления транспортирования груза включается привод 3, качающаяся рама 1 при этом, будет совершать прямолинейные возвратно-поступательные движения в плоскости транспортирования. При прямом ходе рамы (в сторону транспортирования настила с грузом), сила инерции груза 9 и пластинчатого настила 5 стремится переместить их в противоположную сторону, пытаясь также вращать звездочки 7 в направлении противоположном транспортированию, чему препятствуют механизмы свободного хода (остановы) 8. Рама 1 посредством заторможенных звездочек 7, преодолевая силу инерции пластинчатого настила 5 с грузом 9, за счет зацепления цепей с зубьями звездочек 7, несёт пластинчатый настил 5 с грузом 9 в сторону транспортирования. При обратном ходе рамы 1 (в сторону обратную транспортированию) сила инерции пластинчатого настила 5 с грузом 9 меняет свое направление и, преодолевая сопротивление в цапфах концевых звездочек 7 и опорных катков пластинчатого настила, продолжает перемещать настил с грузом в сторону транспортирования, так как остановы 8 не препятствуют вращению звездочек 7.

Условие совместного движения груза с пластинчатым настилом в направлении транспортирования достигается за счет силы трения опорной поверхности груза о пластинчатый настил.

Конструктивные особенности импульсного инерционного пластинчатого конвейера и способ перемещения на них штучных грузов создают необходимые условия для определения

минимальной массы транспортируемой единицы, обладающей инерцией, так как при движении настила с переменным ускорением, опорная поверхность груза удерживается на пластинчатом настиле посредством силы трения.

Условием совместного движения груза с пластинчатым настилом можно записать в виде:

$$F_{mp} \geq F_u, \quad (1)$$

где F_{mp} – сила трения, возникающая между плоской опорной поверхностью груза и поверхностью пластинчатого настила, определяемая выражением:

$$F_{mp} = m_{zp} gf, \quad (2)$$

где m_{zp} – масса единицы груза; f – коэффициент трения; F_u – сила инерции движущейся рамы конвейера с максимальным ускорением, определяемая выражением:

$$F_u = (m_{zp} z_{zp} + m_h) A \omega^2, \quad (3)$$

где z_{zp} – количество единиц груза одновременно установленного на настиле конвейера; m_h – масса пластинчатого настила; A – амплитуда колебания рамы конвейера; ω – угловая скорость привода.

Подставив значения (2) и (3) в (1), определим минимальную массу единицы груза из условия отсутствия скольжения опорной поверхности груза по поверхности пластинчатого настила:

$$m_{zp}^{\min} \geq \frac{m_h A \omega^2}{gf - z_{zp} A \omega^2}. \quad (4)$$

Назначив исходные данные, можно предположить, что спроектированный ИИПК будет иметь: массу пластинчатого настила $m_h=50$ кг (зависит от длины конвейера), амплитуду колебания подвижной рамы $A=10$ мм, угловую скорость вращения приводного вала $\omega=5$ рад/с, груз, имеющий стальную опорную поверхность, коэффициент трения $f=0,15$ (сталь по стали), количество груза одновременно установленного на конвейере $z_{zp}=3$. В результате расчёта минимальная масса транспортируемого груза должна быть не менее $m_{zp}^{\min} = 17,3$ кг.

При проектировании ИИПК, важным фактором, влияющим на выбор и расчёт параметров этих конвейеров, является расположение грузов на пластинчатом настиле [1, 4]. В зависимости от особенностей транспортно-технологических операций со штучными грузами в производственных системах, их расположение на настиле конвейера может быть самое разнообразное. При этом, под расположением грузов на настиле ИИПК следует понимать геометрическую привязку по осям конвейера.

По расположению грузов относительно продольной оси возможно предусмотреть три способа их размещения на пластинчатом настиле [4, 5]:

- 1) продольное размещение – груз расположен длинной стороной вдоль настила ИИПК;
- 2) поперечное размещение – груз расположен длинной стороной перпендикулярно продольной оси настила ИИПК;

3) произвольное размещение в плоскости транспортирования – расположение грузов относительно продольной или поперечной оси настила ИИПК не ориентированы.

Анализ исследований импульсных конвейеров [5] показывает, что возможно ввести коэффициент расположения грузов на настиле ИИПК используя соотношение:

$$k_{zp} = \frac{a}{b},$$

где a – длина груза вдоль оси настила ИИПК (например, геометрический параметр длины груза); b – длина груза перпендикулярно оси настила ИИПК (например, геометрический параметр ширины груза).

В исследованиях [4] установлено, что коэффициенты расположения грузов на настиле могут иметь следующие значения:

- при продольной установке грузов $k_{zp} > 1$;
- при поперечной установке $k_{zp} < 1$;
- при произвольной установке – k_{zp} имеет оригинальное значение для каждого груза.

Продольное и поперечное расположение грузов на настиле ИИПК обеспечивают вручную, при помощи механизированных или автоматизированных загрузочных или укладочных устройств, роботов и манипуляторов. Иногда требуется корректировка расположения грузов на конвейере с помощью выравнивающих и направляющих устройств.

Теоретически можно полагать, что груз всегда будет устойчив и не сможет опрокинуться (изменить положение в пространстве). Однако на практике, вследствие неизбежных неоднородности массы груза, смещения центра тяжести относительно его геометрического центра, неточных размеров груза и действия силы инерции, возможно переворачивание груза в вертикальной плоскости.

Масса груза, в зависимости от неоднородности распределения по поперечным и продольным сечениям и конфигурации груза, может быть распределена как равномерно или неравномерно по длине или объёму груза, так и почти сосредоточенным в центре тяжести груза.

Положение центра тяжести груза является одним из основных факторов, определяющих устойчивое прохождение груза на трассе транспортирования, и определяет его равновесное положение на различных стадиях движения настила. Кроме того, в отдельных случаях, в процессе перемещения груза, его расположение относительно настила, возможно, необходимо менять для придания ему более устойчивого состояния, особенно, если это касается грузов цилиндрической формы и неправильной геометрической формы, или для выполнения технологических операций.

Для обеспечения динамической устойчивости грузов необходимо, прежде всего, определить соотношение геометрических размеров (длины, ширины, высоты, диаметра и т.д.), при которых будет обеспечено равновесное состояние штучного груза относительно пластинчатого настила.

Учитывая особенности движения рамы конвейера [5], приложим силы, действующие на груз при транспортировании (рис. 2).

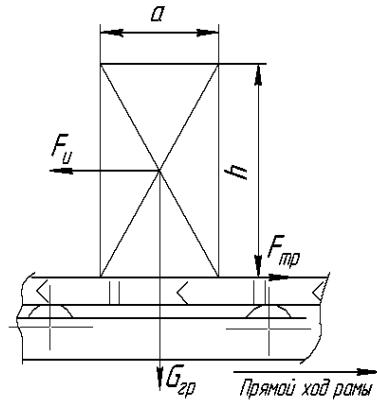


Рис. 2. Расчетная схема определения динамической устойчивости штучного груза на настиле ИИПК

Составив и решив уравнение моментов от действия приложенных сил в период начала прямого хода рамы (согласно рис. 2), предполагая, что сила инерции настила с грузом будут в максимальных значениях, а сила трения между опорной поверхностью груза и настилом ИИПК обеспечивает отсутствие относительного скольжения, допускаемое соотношение высоты к длине транспортируемого груза определится по формуле 5.

$$\frac{h}{a} = \frac{g}{A \omega^2}. \quad (5)$$

Анализ численных значений полученного соотношения (5) приведён в таблице 1.

Таблица 1

Соотношение h/a , в зависимости от изменения параметров движения рамы ИИПК

Амплитуда колебания рамы ИИПК A , м	Угловая скорость привода рамы ω , рад/с	Допускаемое численное значение соотношения h/a
0,01	5	39,24
0,01	8	15,33
0,01	10	9,81

При пологонаклонном транспортировании груза на ИИПК в сторону подъёма возможно определить максимальный угол наклона рамы конвейера.

Условием совместного движения груза и настила вверх, т.е. без скольжения груза вниз относительно настила (в сторону обратную подъёму), является то, чтобы сила трения между опорной поверхностью груза и настилом была больше возникающей силы инерции груза при максимальных значениях ускорения настила ИИПК (рис. 3).

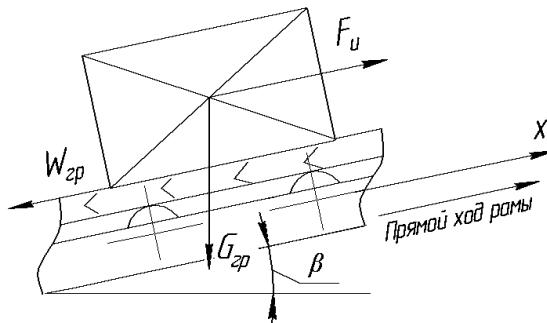


Рис. 3. Расчетная схема к определению максимального угла наклона рамы ИИПК

Максимальный угол установки рамы ИИПК в зависимости от параметров конвейера и характеристик опорной поверхности груза определится по формуле:

$$\beta = \arcsin \frac{gf - A \omega^2}{g}. \quad (6)$$

Часть численных значений максимального угла установки конвейера при параметрах, которые указаны в таблице 1, с учетом материала опорной поверхности груза, т.е. коэффициента трения $f=0,15$ (сталь по стали), а также соблюдении основного условия – отсутствия скольжения груза относительно настила, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Соотношение h/a , в зависимости от изменения параметров движения рамы ИИПК

Амплитуда колебания рамы ИИПК A , м	Угловая скорость привода рамы ω , рад/с	Угол установки рамы ИИПК (максимальный), градус
0,01	5	7
0,01	8	5
0,01	10	3

Применение деревянной опорной поверхности груза или обрезиненной поверхности элементов настила может значительно увеличить угол установки конвейера, тем самым повысить эффективность использования площадей производственных помещений.

Внедрение в эксплуатацию импульсных инерционных пластинчатых конвейеров позволит удовлетворять требования современных производственных линий, при выполнении транспортно-технологических операций, конкурируя с известными видами транспортирующих устройств.

Литература

1. Ромакин Н.Е. Машины непрерывного транспорта: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.Е.Ромакин. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 432 с.
2. Кузьмина Т.С. Складское хозяйство в логистической системе. Волгоград. Изд-во ВолГУ, 2000. – 76 с.
3. Патент №2651312 РФ. Пластинчатый конвейер с инерционным приводом / О.А.Лускань, М.С.Дикунова. Бюл. №11, 2018.
4. Теоретические основы перемещения штучных грузов. Ивановский К.Е. – М.: Машиностроение, 1969 – 166 с.
5. Лускань О.А. Теоретические основы перемещения грузов импульсными конвейерами: монография / О.А. Лускань. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2010. – 99 с.

**Влияние времени полупериода импульса на формирование сварного шва
при автоматической сварке пульсирующей дугой**

Набокин Артем Олегович, студент специальности 15.03.01 «Машиностроение»;
Мельник Максим Андреевич студент специальности 15.03.01 «Машиностроение»;
Погонышев Денис Сергеевич, студент специальности 15.03.01 «Машиностроение»;
Виннийчук Виталий Александрович, старший преподаватель кафедры
машиностроения и прикладной механики.

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Волгодонск

В статье рассмотрено влияние полупериода импульсов сварочного тока на формирование сварного шва, при автоматической сварке под слоем флюса на модулированных режимах. Проведены опыты и на их основе при различных режимах пульсирующего тока рассмотрены процессы свариваемости металла. Проведение данного исследования обусловлено быстрым темпом роста требований к качеству сварных соединений, которое является одной из ключевых задач в современном атомном энергетическом машиностроении.

В современном производстве, особенно в ответственных отраслях, таких как мостостроение, судостроение и энергетическое машиностроение, к качеству сварных соединений предъявляются исключительно высокие требования. Автоматическая сварка под флюсом давно зарекомендовала себя как один из наиболее производительных и стабильных процессов. Однако, классический метод с постоянным током зачастую подходит к пределу своих технологических возможностей, особенно когда речь идет о сварке материалов с повышенной склонностью к термическим дефектам или о необходимости управления термическим циклом [1].

Здесь на первый план выходит технология пульсирующей дуги – не просто как альтернатива, а как эволюционный шаг, переводящий процесс из категории «грубого нагрева» в категорию «прецзионного управления». Если представить сварочную ванну не как пассивный объем расплавленного металла, а как динамическую систему, находящуюся в состоянии непрерывного метастабильного равновесия, то пульсирующий ток выполняет функцию внешнего регулятора, задающего параметры и темп кристаллизационных процессов.

Подавляющее большинство исследований в данной области сфокусировано на таких очевидных параметрах, как амплитуда импульсного и базового тока [2]. Однако, гипотеза данной работы заключается в том, что время полупериода импульса является не просто одним из многих параметров, а ключевым хронометрическим фактором, определяющим фундаментальные физические процессы в зоне плавления. Именно этот временной интервал, по нашему предположению, напрямую управляет балансом между кинетикой теплоподвода, капиллярными явлениями на границе раздела фаз и динамикой роста дендритов при затвердевании [3].

В данной работе был произведен эксперимент в лаборатории ВИТИ НИЯУ МИФИ. Исследовалось влияние длительности полупериодов модулированного режима автоматической сварки под слоем флюса на геометрию шва. В качестве постоянных параметров были заданы: напряжение 40В, скорость подачи проволоки 44 м/ч, базовый ток 500 А, пиковый ток 600 А, длительности полупериодов равны (меандр). Режимы работы для проведения опытов описаны в таблице 1. Для каждого опыта проводились замеры ширины шва и длины сварочной ванны.

Таблица 1

Режимы работы пульсирующей дугой

Режимы работы	Первый опыт	Второй опыт	Третий опыт	Четвертый опыт	Пятый опыт
Первый полупериод, мс	30	40	50	60	70
Второй полупериод, мс	30	40	50	60	70

При проведении опытов имеем следующие сварные швы, представленные на рисунке 1

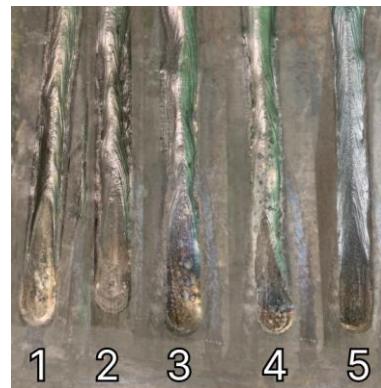


Рис. 1. Фото эксперимента

Геометрические параметры сварных швов, полученные при различных режимах сварки, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Геометрические параметры сварных швов

Номер опыта	Длительность импульса, мс	Ширина шва, мм	Длина сварочной ванны, мм
1	30	13	45
2	40	14	53
3	50	12	48
4	60	12	44
5	70	16	53

Из результатов эксперимента видно, что с увеличением времени полупериода увеличивается ширина сварного шва и сварочной ванны, а также, судя по формированию сварного шва, повысились стабильность процесса и устойчивость сварочного контура. Малая ширина сварного шва при короткой длительности полупериодов 30–40 мс, обусловлена либо высокой скоростью сварки, либо несоответствием среднего тока режима и тока сварочной дуги. На более длинных полупериодах 60-70 мс, формирование сварного шва заметно лучше, что объяснимо переходом источника питания на саморегулирование дуги, так как время полупериода для этого достаточно большое.

Проведенные исследования показывают существенное влияние времени полупериода импульса на формирование геометрических характеристик сварного шва при автоматической сварке под флюсом на модулированных режимах. Для более детального понимания механизмов влияния временных параметров импульса на структуру и свойства металла шва представляется перспективным проведение дальнейших исследований, включающих металлографический анализ.

Литература

1. Васильев В.И., Ильяшенко Д.П., Павлов Н.В. Введение в основы сварки: Монография / Томский политехнический университет, 2011. – 316 с.
2. Астафьева Н.А, Балановский А.Е., Тихонов А.Г. Технология сварки плавлением и давлением: Учебное пособие/Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2021. – 188 с.
3. Банов М.Д., Масаков В.В., Плюскина Н.П. Специальные способы сварки и резки: книга / М.Д. Банов, В.В. Мусаков, Н.П. Плюскина – Издательский центр «Академия», 2009 – 208 с.

УДК 004.27

Разработка виртуальной модели микропроцессорной системы в SimInTech

Никонов Андрей Андреевич, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

Грицюк Светлана Николаевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье приводится описание цифровой модели микропроцессорной системы, спроектированной в программе SimInTech. Рассмотрена структура основных функциональных блоков системы. Предложены варианты применения модели в рамках освоения дисциплин, ориентированных на изучение устройств микропроцессорной техники

Обеспечение качественной подготовки квалифицированных кадров для промышленности, способных осуществлять разработку и настройку программно-технических средств автоматизации и систем управления технологическим оборудованием на их базе, способствует широкому использованию средств вычислительной техники в сфере управления технологическим оборудованием.

При обучении по современным инженерным специальностям, связанным с автоматизацией технологических процессов, необходимо изучение дисциплин, ориентированных на электронику и микропроцессорную технику. Вместе с тем, у студентов могут возникать некоторые трудности с пониманием принципа функционирования цифровых элементов, являющихся основой

микропроцессорных систем (МПС). Для изучения архитектуры микропроцессорных устройств и систем разработаны учебные лабораторные комплекты, имеющие модульную архитектуру и позволяющие исследовать как одноплатные микро-ЭВМ, так и персональные компьютеры с развитой периферией. Примером является учебный микропроцессорный комплект УМК-80 на базе процессора KP580BM80 (аналог i8080). Однако такие устройства не дают полного понимания функционирования процессора на микроархитектурном уровне. Появляется необходимость в разработке цифровых аналогов таких систем.

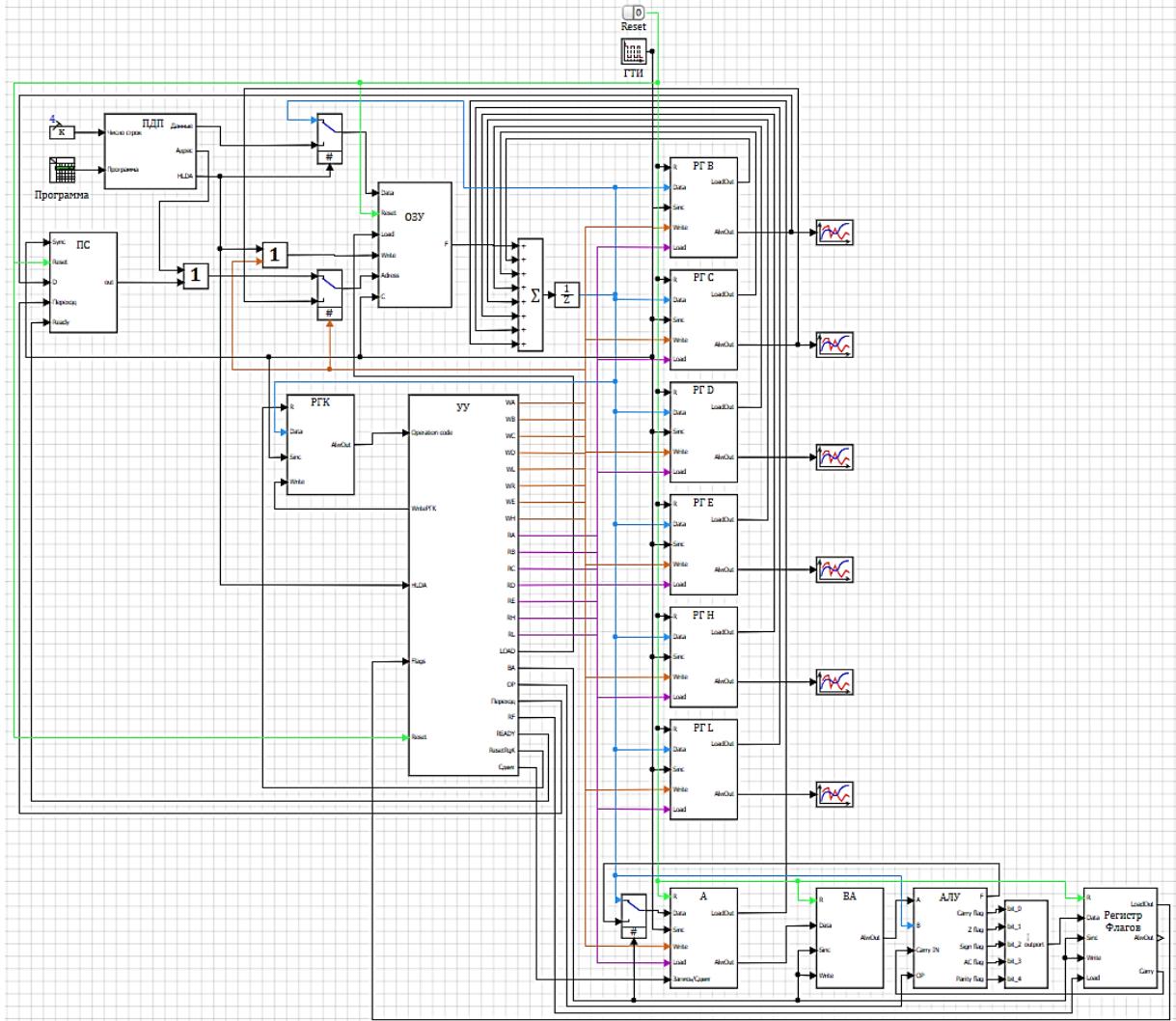


Рис. 1. Модель МПС в SimInTech

Альтернативой зарубежным платформам моделирования, таким как MATLAB/ Simulink, является российская система для моделирования, проектирования и отладки систем управления SimInTech [1]. В этой среде динамического моделирования была разработана модель МПС, представленная на рисунке 1.

МПС имеет архитектуру фон-Неймана с общей шиной данных и команд, с единой памятью данных и программ. Ключевым устройством микропроцессорной системы является 8-разрядный микропроцессор. Шина данных, регистры и арифметико-логическое устройство (АЛУ) микропроцессора восьмиразрядные.

Основные элементы схемы: программный счетчик (ПС), устройство управления (УУ), генератор тактовых импульсов (ГТИ), АЛУ, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), регистры общего назначения (РОН), регистр команд (РгК), регистр флагов, регистр-аккумулятор (А), временной аккумулятор (ВА) и условный контроллер прямого доступа к памяти (ПДП) [2].

Ввод программы в ОЗУ производится при помощи условного контроллера ПДП (рисунок 2), необходимо внести количество строк, которые будут считаны из текстового файла программы. По окончании ввода данных, сигнал подтверждения режима прямого доступа к памяти - HLDA примет нулевое значение и начнется программный обмен информацией по внутреннейшине данных.

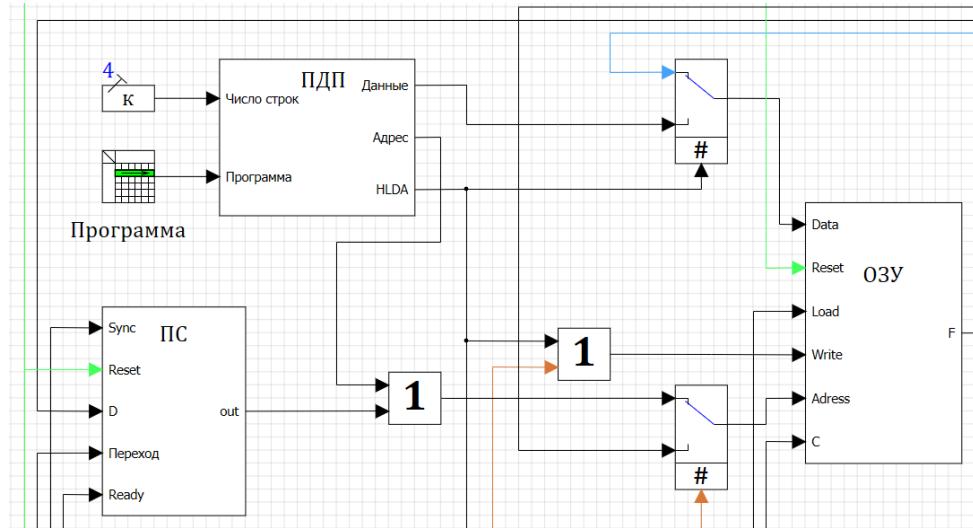


Рис. 2. Программный счетчик, контроллер ПДП и ОЗУ

ОЗУ состоит из восьмиразрядных регистров, которые образуют блоки 16, 32 и 64 байт (рисунок 3). Максимальное количество данных, которое возможно адресовать в оперативной памяти, $2^8=256$ байт. Управление чтением и записью ведётся при помощи управляющих сигналов LOAD и WRITE.

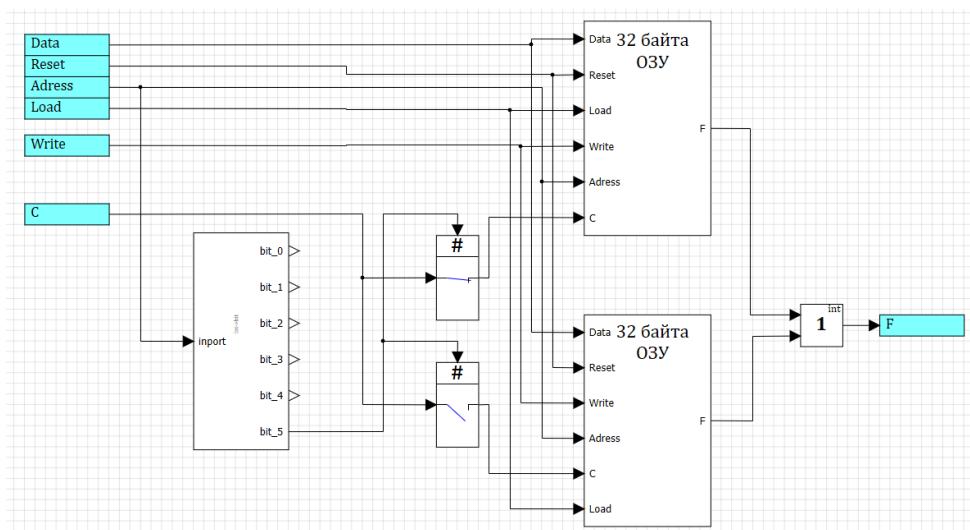


Рис. 3. Структурная схема ОЗУ

С началом тактов выполнения программы устройство управления вырабатывает управляющий сигнал READY=1. Программный счетчик начинает счет тактов. Его значение

выставляется на шину адреса, благодаря чему данные из ячеек ОЗУ выставляются на внутреннюю шину данных. Данный счетчик может использоваться и в режиме записи данных, для организации условных и безусловных переходов [2]. Изменение режима работы происходит под действием сигнала ПЕРЕХОД.

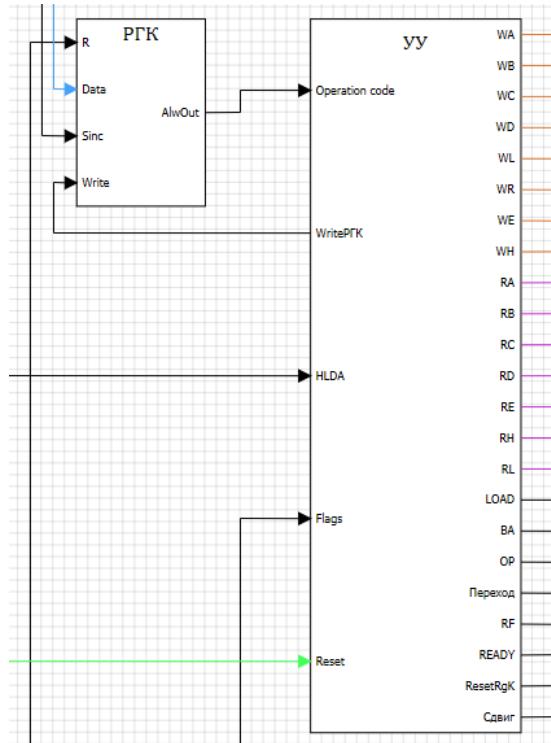


Рис. 4. Регистр команд и устройство управления

Значение первой ячейки памяти, которое появится на внутреннейшине данных после начала работы процессора, будет записано в регистр команд и во вторую половину такта попадёт в устройство управления (рисунок 4).

Устройство управления генерирует управляющие сигналы для всех функциональных блоков процессора, управляет чтением и записью РОН, вырабатывает операционный код для АЛУ. Декодирование команд происходит при помощи комбинационных схем.

Регистровый файл представляет собой набор из шести регистров общего назначения: В, С, D, Е, Н, L, построенных на базе однотактных синхронных D-триггеров. Регистры В и С, кроме того, являются буферными регистрами программного счетчика и адреса соответственно. Аккумулятор является двухтактным универсальным регистром и может выполнять операцию сдвига, предназначен для хранения одного из операндов при работе с АЛУ и результата вычисления. Для предотвращения гонки сигналов, между АЛУ и аккумулятором расположен временный аккумулятор, который хранит один из операндов во время выполнения арифметических или логических операций [3].

Арифметико-логическое устройство магистрального типа может выполнять логические и арифметические операции: сложение, вычитание, логическое И, ИЛИ, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, инвертировать значение в аккумуляторе. Тип операции задается операционным кодом (OPCODE),

который подается на адресный вход мультиплексора. Схема АЛУ представлена на рисунке 5.

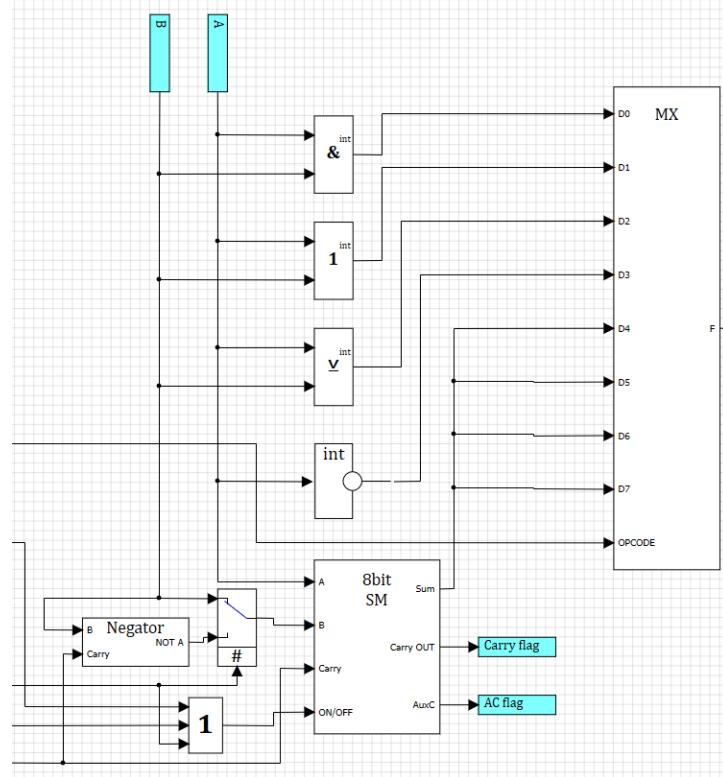


Рис. 5. АЛУ магистрального типа

АЛУ содержит схемы формирования признаков результата вычисления: переполнение аккумулятора (Carry flag), дополнительный перенос из третьего разряда в четвертый (Aux Carry flag), четность результата (Parity flag), значение старшего разряда (Sign flag), нулевой результат (Zero flag). В конце исполнения арифметической или логической команды значения признаков сохраняются в регистр флагов и используются при проверке условий для выполнения операций перехода [3].

Система команд процессора состоит из команд пересылок данных, передачи управления, специальных и арифметико-логических команд, позволяющих реализовывать сложные программы с использованием циклов ветвления.

Используя программную модель в рамках дисциплин, связанных с изучением микропроцессорных систем, можно реализовать лабораторные работы «Изучение регистров микропроцессора. Команды загрузки регистров. Команды пересылки», «Изучение арифметико-логических команд», «Изучение команд безусловного и условного переходов» и другие. Благодаря возможности выполнять команды в реальном времени, а также одновременно наблюдать за состоянием регистров и информацией на шинах, у обучающегося складывается более глубокое понимание принципов работы таких систем. Модель позволяет увидеть практическое применение большинства логических устройств (регистров, мультиплексоров, дешифраторов и т.п.), что положительно сказывается на освоении дисциплин «Электроника» и «Теоретические основы информационной техники». Возможность редактировать модель, модернизируя аппаратную часть МПС, позволяет развивать навык проектирования логической архитектуры ПЛИС.

Литература

1. Карташов, Б.А. SimInTech: Применение информационных технологий в автоматическом управлении /Б.А. Карташов, Е.А. Шабаев. - М.: ДМК Пресс, 2024. - 580с.
2. Русанов, В.В. Микропроцессорные устройства и системы: учебное пособие /В.В. Русанов, М.Ю. Шевелев. - Москва: ТУСУР, 2012. - 184 с.
3. Смирнов, Ю.А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники: учебное пособие /Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2013. - 496 с.

УДК 621.9

Применение разработанной математической модели расчета увода оси отверстия при обработке осевым инструментом к деталям серийного производства

Токарев Артем Сергеевич, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Технологии машиностроения»;

Трехгорный технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Трехгорный

Обработка точных глубоких отверстий играет важную роль в машиностроительной, приборостроительной и других отраслях. Совершенствование металлообрабатывающего оборудования приводит к тому, что оно не всегда используется на максимальных возможностях, что приводит к существенным экономическим потерям из-за простоя дорогостоящей техники. Для решения данной проблемы разрабатываются математические модели. Которые позволяют с необходимой точностью прогнозировать определенные этапы и моменты обработки. В данной статье приведен пример использования таких моделей, которые позволяют снизить процент бракованных изделий в партии и повысить экономическую эффективность производства.

Рассмотрим применение результатов исследований [3-5] на примере детали «Корпус переходника».

У детали имеются отверстия с высокими требованиями к позиционному допуску. Обработка таких отверстий требует подбора параметров операций, обеспечивающих предъявляемые к ним требования точности [1-2].

Рассмотрим деталь «Корпус переходника» рис. 1.

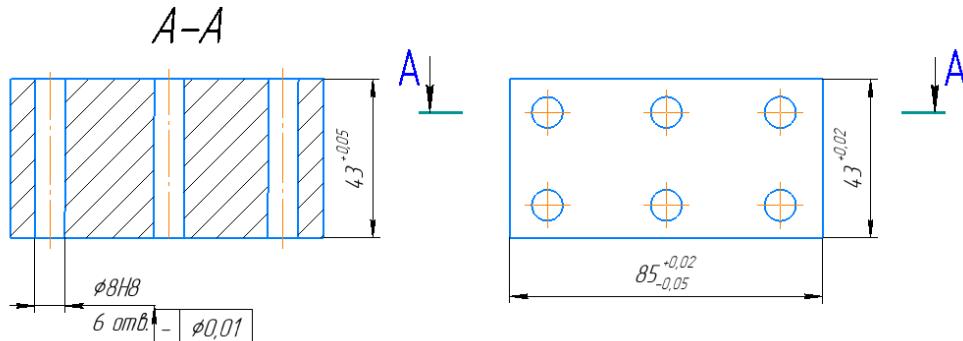


Рис. 1. Эскиз детали «Корпус переходника»

Материал детали 12Х18Н10Т. Наибольшую трудность обработки вызывает отверстие Ø8Н8^(+0,022). К нему предъявляются требования: точность диаметра Н8, допуск прямолинейности 0,01.

Таблица 1

Действующий технологический процесс обработки отверстия в заготовке детали
«Корпус переходника»

№ оп.	Наименование операции	Содержание переходов	Элементы режима резания			Время, затрачиваемое на переход T_0 , мин
			S , мм/об	V , м/мин	t , мм	
025	Программная	Зацентровать отверстие	—	—	—	0,1
		Сверлить отверстие	0,1	40	3	0,51
		Зенкеровать отверстие предварительно	0,3	62	0,75	0,27
		Зенкеровать отверстие окончательно	0,2	88	0,25	0,23
		Развертывать отверстие	0,05	60	0,01	1,91
$T =$						2,92

В действующем маршруте обработки отверстия (табл. 1) – операция 025 – программная. Включает обработку отверстия Ø8Н8^(+0,022).

По параметрам и режимам резания из действующего технологического процесса спроектируем сверление отверстия (рис. 2 – 4).

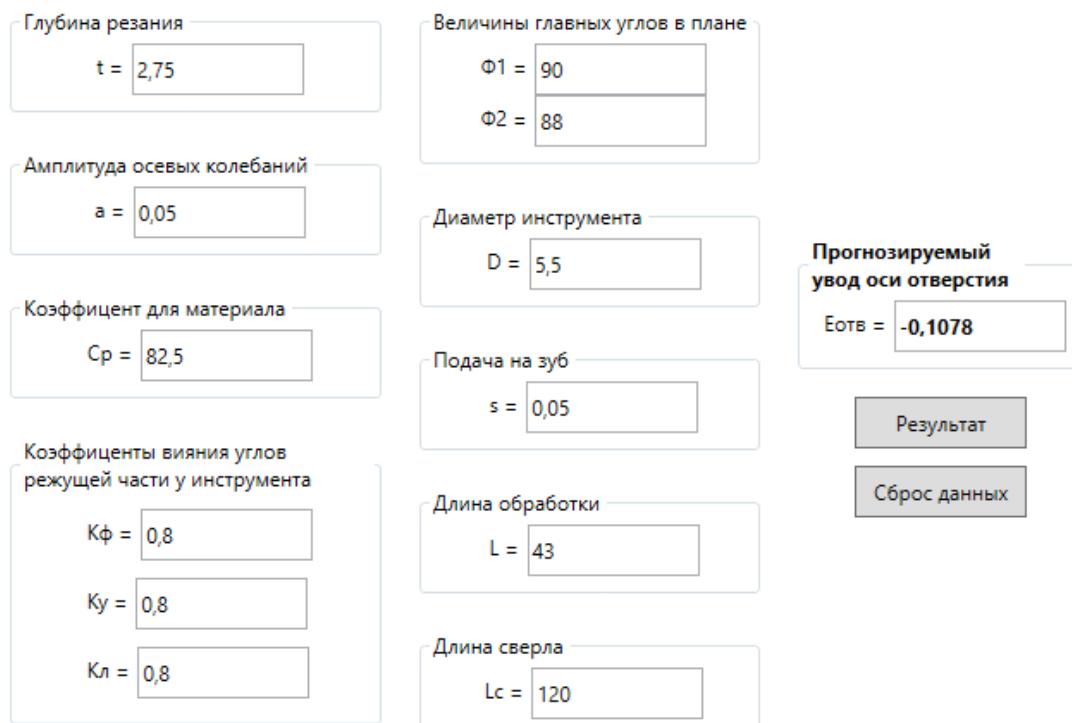


Рис. 2. Расчет увода оси отверстия при сверлении детали «Корпус переходника» по режимам резания из справочника

Двузубый монолитный зенкер

Амплитуда осевых колебаний шпинделя станка, мм a = 0.05	Диаметр инструмента, мм D = 7	
Количество осевых колебаний за один оборот детали или инструмента n = 1	Диаметр отверстия в заготовке, мм D0 = 5.5	
Номинальная подача, установленная на станке, мм/об S = 0.3	Длина обрабатываемого отверстия, мм Лотв = 43	
Величина главного угла в плане 1, 2 лезвия, град Φ1 = 48 Φ2 = 43	Модуль упругости первого рода, МПа E = 200000	
Глубина резания, мм t = 0.75	Рабочий вылет зенкера, мм L = 110	
Погрешность предшествующего перехода, мм епп = 0.03	Коэффициенты влияния углов режущей части у инструмента Кф = 0.9 Ку = 0.8 Кл = 0.8	
Коэффициент для материала Ср = 82.2	Расчёт	
Увод оси отверстия e = 0.0239		
Очистить все поля		

Рис. 3. Расчет увода оси отверстия при зенкеровании детали «Корпус переходника» инструментом диаметром 7 мм, по режимам резания из действующего технологического процесса

Двузубый монолитный зенкер

Амплитуда осевых колебаний шпинделя станка, мм a = 0.05	Диаметр инструмента, мм D = 8	
Количество осевых колебаний за один оборот детали или инструмента n = 1	Диаметр отверстия в заготовке, мм D0 = 7	
Номинальная подача, установленная на станке, мм/об S = 0.2	Длина обрабатываемого отверстия, мм Лотв = 43	
Величина главного угла в плане 1, 2 лезвия, град Φ1 = 48 Φ2 = 43	Модуль упругости первого рода, МПа E = 200000	
Глубина резания, мм t = 0.5	Рабочий вылет зенкера, мм L = 120	
Погрешность предшествующего перехода, мм епп = 0.04	Коэффициенты влияния углов режущей части у инструмента Кф = 0.9 Ку = 0.8 Кл = 0.9	
Коэффициент для материала Ср = 82.6	Расчёт	
Увод оси отверстия e = 0.009		
Очистить все поля		

Рис. 4. Расчет увода оси отверстия при зенкеровании детали «Корпус переходника» инструментом диаметром 8 мм, по режимам резания из действующего технологического процесса

Для получения отверстия используется следующий режущий инструмент: сверло центровочное, диаметром 2,5 мм; сверло спиральное цилиндрическое монолитное диаметр 5,5 мм; зенкер двузубый монолитный диметром 7 мм, зенкер двузубый монолитный диаметром 8 мм и т.д.

Двузубый монолитный зенкер

Амплитуда осевых колебаний шпинделя станка, мм
 $a = 0.05$

Количество осевых колебаний за один оборот детали или инструмента
 $n = 1$

Номинальная подача, установленная на станке, мм/об
 $S = 0.3$

Величина главного угла в плане 1, 2 лезвия, град
 $\Phi 1 = 48$
 $\Phi 2 = 43$

Глубина резания, мм
 $t = 1.25$

Погрешность предшествующего перехода, мм
 $\epsilon_{pp} = 0.03$

Коэффициент для материала
 $C_p = 82.2$

Диаметр инструмента, мм
 $D = 8$

Диаметр отверстия в заготовке, мм
 $D_0 = 5.5$

Длина обрабатываемого отверстия, мм
 $L_{ov} = 43$

Модуль упругости первого рода, МПа
 $E = 200000$

Рабочий вылет зенкера, мм
 $L = 120$

Коэффициенты влияния углов режущей части у инструмента
 $K_{\phi} = 0.9$
 $K_y = 0.8$
 $K_l = 0.8$

Расчёт

Увод оси отверстия $e = 0.0227$

Очистить все поля

Рис. 5. Расчет увода оси отверстия при зенкеровании детали «Корпус переходника» инструментом диаметром 8 мм без этапа предварительного зенкерования по данным действующего технологического процесса.

По результатом расчета видно, что предварительно зенкерование снижает увод оси отверстия, а окончательное исправляет величину до необходимого значения.

Глубина резания
 $t = 2,75$

Амплитуда осевых колебаний
 $a = 0,05$

Коэффициент для материала
 $C_p = 82,5$

Коэффициенты влияния углов режущей части у инструмента
 $K_{\phi} = 0,8$
 $K_y = 0,8$
 $K_l = 0,8$

Величины главных углов в плане
 $\Phi 1 = 90$
 $\Phi 2 = 88$

Диаметр инструмента
 $D = 5,5$

Подача на зуб
 $s = 0,06$

Длина обработки
 $L = 43$

Длина сверла
 $L_c = 120$

Прогнозируемый увод оси отверстия
 $E_{otv} = 0,0527$

Результат

Сброс данных

Рис. 6. Подбор режимов резания по математической модели на этапе сверления отверстия детали «Корпус переходника»

Двузубый монолитный зенкер

Амплитуда осевых колебаний шпинделя станка, мм $a = 0.05$	Диаметр инструмента, мм $D = 8$
Количество осевых колебаний за один оборот детали или инструмента $n = 1$	Диаметр отверстия в заготовке, мм $D_0 = 5.5$
Номинальная подача, установленная на станке, мм/об $S = 0.22$	Длина обрабатываемого отверстия, мм $Lotv = 43$
Величина главного угла в плане 1, 2 лезвия, град $\Phi_1 = 48$ $\Phi_2 = 43$	Модуль упругости первого рода, МПа $E = 200000$
Глубина резания, мм $t = 1.25$	Рабочий вылет зенкера, мм $L = 120$
Погрешность предшествующего перехода, мм $e_{pp} = 0.03$	Коэффициенты влияния углов режущей части у инструмента $K_f = 0.9$ $K_u = 0.8$ $K_l = 0.8$
Коэффициент для материала $C_p = 82.2$	
Расчет	
Увод оси отверстия $e = 0.0085$	
Очистить все поля	

Рис. 7. Расчет увода оси отверстия при зенкеровании детали «Корпус переходника» инструментом диаметром 8 мм без этапа предварительного зенкерования путем подбора оптимальной подачи

Используя разработанную математическую модель попробуем выяснить возможно ли обойтись одним этапом зенкерования. На основании рекомендованных режимов резания проведем расчеты в программе, рисунок 5. Полученный результат расчетов превышает необходимое значение увода оси почти в три раза. Уменьшая подачу, в пределах допустимых значений периода стойкости режущего инструмента для зенкера (0,12 – 0,4 мм/об), и для сверла (0,08 – 0,2 мм/об) достигаем увода оси отверстия в соответствии с предъявляемыми требованиями к отверстию, рисунок 6 – 7.

На основании используемых разработанных математических моделей был спроектирован новый технологический процесс (табл. 2), в котором применяется меньше оборудования, режущего инструмента, а соответственно операций и переходов.

Таблица 2

Технологический процесс обработки отверстия в заготовке детали «Корпус переходника» на основе использования разработанных математических моделей

№ оп.	Наименование операции	Содержание переходов	Элементы режима резания			Время, затрачиваемое на переход $T_o, \text{мин}$
			$S, \text{мм/об}$	$V, \text{м/мин}$	$t, \text{мм}$	
025	Программная	Зацентровать отверстие	–	–	–	0,1
		Сверлить отверстие	0,12	43	3	0,43
		Зенкеровать отверстие	0,22	41	1,25	0,26
		Развертывать отверстие	0,05	60	0,01	1,91
$T =$						2,7

Исходя из результатов проведенных исследований, можно сделать вывод, что применение разработанных математических моделей, является актуальным и необходимым решением сложившихся проблем на предприятиях. Следующим этапом необходимо провести статистическую обработку экспериментальных данных.

Литература

1. Баранов А.В., Каракев А.В. Определение технологической наследственности при обработке отверстий в деталях газотурбинных двигателей/ Вестник машиностроения. 2021. № 11. С. 37-42.
2. Дальский А.М. Технологическая наследственность в машиностроительном производстве /А.М. Дальский, Б.М. Базаров, А.С. Васильев // - М.: Изд-во МАИ., 2000. - 344 с.
3. Дерябин, И.П., Гузеев В.И., Кожарина О.А Исследования наследования погрешностей расположения осей отверстий при многоперходной обработке/ Технология машиностроения. – 2008. – № 6. – С. 23–25.
4. Дерябин И.П., Токарев А.С. Экспериментальное исследование адекватности математических моделей расчета увода оси при рассверливании отверстий двухлезвийным сверлом // Вестник МГТУ «Станкин». – 2024. – № 1 (68). – С. 96 –107. DOI 10.47617/2072-3172_2024_1_
5. Токарев А.С. Дерябин И.П. Лопатин Б.А. Экспериментальное определение увода оси отверстий при обработке зенкером с МНП /Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение» 2020. С. 55-62.

УДК 621.161

Перспективы применения паровых машин в мобильных атомных энергетических установках

Устинов Николай Андреевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Атомная энергетика»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

Приведено назначение и основные характеристики мобильных атомных энергоустановок. Рассмотрена возможность уменьшения расхода дизельного топлива за счет введения в состав энергоустановки газо-парового цикла с применением поршневых машин.

Мобильные атомные энергетические установки предназначены для обеспечения удаленных объектов электрической и тепловой энергии в условиях затрудненной доставки топлива для классических передвижных электростанций на органическом топливе.

Исторически первым в СССР были проекты передвижной атомной электростанции на железнодорожном ходу еще в 50-е годы. Получили название ТЭС-1 и ТЭС-2 [1]. При том, что они

могли быть доставлены поездом в новые обживаемые районы, проект не получил развития и был переоформлен на гусеничный ход, чтобы быть доставленным в районы без железнодорожного сообщения. Для этого использовалось четыре шасси на основе танка Т-10. Конструктивно энергостанция распределялась по четырем модулям следующим образом. Первый модуль содержал атомный реактор, второй модуль — парогенератор и обслуживающее оборудование. Паровая турбина с электрогенератором размещалась в третьем модуле, а в четвертом находился пульт управления и резервный дизель-генератор с аккумуляторами резервного электропитания. Из источника следует, что мощность составляла 1,5 МВт без уточнения электрическая или общая с тепловой. Автономность составляла 250 суток.

Первая мобильная атомная станция была создана в 1985 году и получила название «Памир 630Д» [2]. Ее электрическая мощность составляла 630 кВт, при этом она обеспечивала тепловую мощность 4950 кВт. Конструктивно была выполнена в виде 2-х блоков. Один блок реакторный, второй паротурбинный, располагались на двух полуприцепах, транспортируемыми тягачами МАЗ-7960. В реакторном блоке размещались два дизельных электрогенератора по 16 кВт. Кроме этого в двух автомобилях располагались две резервные дизель-электростанции, мощностью по 100 кВт. Сведений о суммарной массе всей энергоустановки нет, но тягач МАЗ 7960 мог транспортировать груз до 65 тонн. Энергоустановка обеспечивала работу без замены топлива 10 000 часов или 5 лет. Структура передвижной АЭС представлена на рис.1.



Рис 1. Схема мобильной АЭС «Памир 630Д»

Ш1...Ш4 – шасси; РР – реактор; ПГ – парогенератор; ДГ1, ДГ2 – дизель- генераторы собственных нужд; Р1, Р2 – радиаторы охлаждения; ДГ3Р, ДГ4Р – резервные дизель-генераторы; Т – турбина; КН – конденсатор; Н1, Н2 – циркуляционные насосы

Для сравнения, в тоже время Балаковский дизелестроительный завод выпускал мобильные электростанции мощностью 500 кВт для геологов. Для обеспечения аналогичной продолжительности работы ей требовался запас дизельного топлива 1000 тонн, каждый год необходимо было подвозить по 200 тонн топлива, что явно превышало суммарную массу всего энергетического комплекса, не говоря уже о проблемах доставки такого количества топлива в удаленные районы.

Действительно работоспособными оказались плавучие атомные электростанции. В первую очередь, установленные на атомоходах и атомных подводных лодках, а впоследствии и энергетические комплексы для подачи электрической и тепловой энергии, как ПАТЭС – плавучая атомная электростанция «Академик Ломоносов», полный аналог стационарной атомной станции, но только меньшей мощности, габаритов и с возможность перемещения водным путем к месту использования. При необходимости может менять дислокацию, в планах «Росатома» построить 18 таких станций до 2039 года.

В Сибири еще много необжитых районов и для их освоения могут потребоваться также сухопутные и речные атомные станции, благо начальный опыт их создания уже есть. Наиболее вероятный сценарий создания – это речные. Самоходная баржа может легко транспортировать в одном корпусе все, что собрано на четырех шасси станции «Памир», причем с большим запасом дизельного топлива для резервных дизель-генераторов. Причем, до рек Сибири станция может транспортироваться железнодорожным путем, собираясь на месте и далее перемещаться водным путем.

Во всех случаях применяются резервные дизель-генераторы с резервным запасом топлива. Повышение автономности в случае необходимости включения резервных дизель-генераторов можно достичь снижением их мощности с последующим получением электроэнергии до начального проектного уровня за счет использования теплоты выхлопных газов организацией газо-парового цикла, что не является новым в стационарных комбинированных электростанциях. Для этого выхлопные газы направляются в котел-утилизатор, вырабатывающий пар. Пар направляется в паровые машины, которые приводят в работу электрогенераторы. Использование в таком режиме штатной паровой турбины нецелесообразно, так как паровая турбина при одинаковой мощности менее экономична, чем поршневая машина.

Для плавучих речных атомных станций такое увеличение количества оборудования несущественно, а для сухопутных транспортных средств представляет сложность из-за массогабаритных показателей оборудования. В той же ТЭС-3 необходимо было бы применить четыре полуприцепа с тягачами МАЗ вместо двух.

Рассмотрим вариант размещения, применительно к сухопутным четырем шасси. Добавляется паровой котел, утилизирующий теплоту отработавших газов, паровая машина и конденсатор отработавшего пара. Из источников неизвестна грузоподъемность автомобиля, на котором установлен дизель-генератор. Если его массу легко оценить по аналогам, то возимый запас топлива оценить нельзя. Также неизвестно, как в течение пяти лет планируется доставлять дизельное топливо, как один из способов, его можно доставлять вертолетом Ми-26, за один рейс 20 тонн.

Проведем расчет применительно к 100 кВт электрической мощности, т.к. такая мощность предусматривалась резервным дизель-генератором АЭС «Памир».

Усредненные значения для дизелей данного класса: эффективный кпд 35%, расход тепла с отработавшими газами 30%, расход тепла в систему смазки и охлаждения 30%, удельный расход топлива 200 г/(кВт час).

Утилизировать теплоту отработавших (выхлопных) газов полностью невозможно, т.к. конечная температура газов не может быть ниже 120⁰С, чтобы избежать конденсации водяных паров в выхлопе и образования серной кислоты. Температура отработавших газов после газовой турбины принимает значение 300 — 400⁰С. Следовательно, можно утилизировать 2/3 теплоты отработавших газов или 57 кВт тепловой энергии. Абсолютный кпд паровых машин составляет 8-12 % от введенной теплоты. Это не кпд собственно паровой машины, который достигает 90%, а кпд цикла, в котором основная часть теплоты расходуется на получение рабочего тела — водяного пара и, впоследствии, выделяется в виде теплоты на обогрев помещения или рассеивается в окружающей среде. Тогда можно рассчитывать на получение электроэнергии порядка 5 кВт или 5% независимо от мощности дизель-электростанции. При надежности атомного энергообъекта в 90% на работу резервной электростанции на примере энергоблока «Памир» это соответствует 1000 часов резервной работы. Для двух одновременно работающих резервных электрогенераторов в переводе на расход топлива экономия расхода составит всего 2 тонны топлива.

Оценим массу оборудования для получения мощности в 5 кВт. В среднем электрогенератор такой мощности весит 50 кг, паровой котел 200 кг, конденсатор 150 кг. С учетом трубопроводов, насосов, запорной арматуры общий ожидаемый вес составит около 500 кг, что на 500 кг меньше массы возимого топлива на один электрогенератор.

Для рассматриваемой мощности и условий эксплуатации снижение массы всей транспортируемой электростанции незначительно и составит одну тонну, что несущественно для транспортирования энергообъекта, при этом значительно усложнится состав оборудования. Пример показал, что усложнение системы добавлением паровой машины с уменьшением массы возимого топлива улучшает массогабаритные показатели мобильной атомной электростанции, пусть и незначительно. С увеличением мощности всей электростанции экономия массы будет увеличиваться за счет снижения массы возимого дизельного топлива, что перспективно для малых плавучих и железнодорожных атомных электростанций, используемых в удаленных объектах с длительной эксплуатацией и ограничениями подвоза топлива.

Литература

1. Первая в мире передвижная атомная станция: проект ТЭС-3. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.ixbt.com/live/offtopic/pervaya-v-mire-peredvizhnaya-atomnaya-stanciya-proekt-tes-3.html> (дата обращения 22.09.2025).
2. История атомной энергетики Советского Союза и России. Вып.5 / Под. ред. В.А. Сидоренко – М.: ИздАТ, 2004. – 167 с. [Электронный ресурс] – URL: https://elib.biblioatom.ru/text/istoriya-atomnoy-energetiki_v5_2004/p124/ (дата обращения 22.09.2025).

Анализ погрешностей определения изотопного состава ОЯТ

при наличии борного поглотителя в теплоносителе

Шамаев Андрей Вячеславович, студент специальности

«Атомные станции: проектирование: эксплуатация и инженеринг»;

Лапкис Александр Аркадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры атомной энергетики

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Волгодонск.

*В данной статье производится оценка и рассмотрение методической погрешности при определении состава отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), обусловленной использованием однопараметрических зависимостей, аналогичных используемым в РБ-093-20. Погрешности оценены в рамках модели бесконечной тепловыделяющей сборки (ТВС), реализованной в программном коде *Serpent*, с учётом динамики вывода борной кислоты, смоделированной посредством *Python*-скрипта на основе данных действующих энергоблоков ВВЭР-1000. Приведены общие соображения и выводы касательно уточнения зависимостей, данных в руководстве.*

Для обеспечения безопасности обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и его захоронения необходимо знать нуклидный состав имеющегося топлива. Данный состав определяется зависимостями из руководства по безопасности РБ-093-20 [1]. В нем перечислены аппроксимации зависимостей концентрации отдельных нуклидов (г/кгU) от глубины выгорания (ГВт*сут/кгU) для топлива с заданным обогащением по урану-235. Существенным недостатком представленных зависимостей является высокая относительная погрешность вычисления концентраций ряда нуклидов. Например, для нептуния-237, являющегося важным минорным актинидом, относительная погрешность определения состава составляет 23,6 %, а для одного из ключевых компонентов ОЯТ плутония-239, это значение равно 9,5 %. Высокие погрешности вычисления нуклидного состава, вероятно, связаны с накоплением ошибок, которые происходят из-за приближенных вычислений. Значительный вклад в указанную погрешность может вносить сложная динамика изменения состава топлива в присутствии поглотителей. В данной статье в качестве поглотителя для упрощения будет рассматриваться только раствор борной кислоты. Так как в реакторе находится множество поглотителей, влияющих на энергетический спектр нейтронов, а топливные кассеты выгорают с различной интенсивностью вследствие неравномерности поля энерговыделения, то воздействие поглотителей по-разному оказывается на накопление или убыль нуклидов по активной зоне. В связи с этим возникает необходимость рассмотреть упомянутое воздействие на изменение концентраций нуклидов, а также оценить возможности уменьшения модельной погрешности, связанной с неучетом закона вывода борной кислоты из теплоносителя.

Для расчетов была использована программная среда Serpent 2.1.30 с библиотекой сечений JEFF-3.1 [2]. Расчетная модель выполнена в соответствии с типичными характеристиками активной зоны ВВЭР-1000 [3]. Обогащение топлива принято равным 3,9 %. Температура топлива задана равной 900 К, его плотность – 10,55 г/см³. Оболочка твэлов выполнена из сплава, содержащего 99 % циркония и 1 % ниобия, с плотностью 6,55 г/см³. Температура теплоносителя составляет 578 К, плотность – 0,717 г/см³. Модель бесконечной тепловыделяющей сборки обеспечена заданием периодических граничных условий. Разработанная геометрия приведена на рисунке 1.

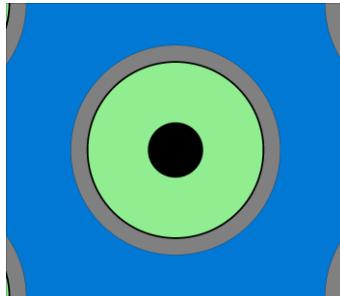


Рис. 1. Модель бесконечной тепловыделяющей сборки, реализованная в коде *Serpent*.

В теплоносителе последовательными алгоритмическими расчетами через Python-скрипт изменялась концентрация борной кислоты, которая оказывала влияние на состав топлива. Расчет проводился в 14 шагов с совместным варьированием концентрации борной кислоты и глубины выгорания согласно альбомам нейтронно-физических характеристик (АНФХ). Для моделирования использовалось 20000 нейтронов на цикл, 80 активных и 20 неактивных циклов.

В контексте данной задачи под различной скоростью выгорания топливных кассет понимается, что к концу борной кампании быстро выгорающие кассеты достигают больших глубин выгорания, чем медленно выгорающие. В реакторе эта разница скоростей явно проявляется. Например, по данным АНФХ для первой загрузки энергоблока № 4 Ростовской АЭС конечная глубина выгорания кассет варьируется от 14,45 до 23,01 МВт*сут/кгУ.

Для исследования погрешностей выполнено 7 расчётов для каждого закона вывода борной кислоты из АНФХ первой загрузки энергоблоков № 3 и № 4 Ростовской АЭС с равномерным изменением конечной глубины выгорания в упомянутом выше диапазоне. Под законом вывода борной кислоты подразумевается зависимость массовой концентрации борной кислоты в теплоносителе $C_{\text{в}}$ от изменения средней глубины выгорания по активной зоне B в течение борной кампании. Зависимости концентрации каждого нуклида от глубины выгорания представляются полиномом шестой степени, аналогично подходу РБ-093-20. Сравнение полиномов выполнялось путем вычисления относительной погрешности

$$\delta_{ij} = \frac{x_i(\min(B_{\text{кон},i}, B_{\text{кон},j})) - x_j(\min(B_{\text{кон},i}, B_{\text{кон},j}))}{x_i(\min(B_{\text{кон},i}, B_{\text{кон},j}))}, \quad (1)$$

где δ_{ij} – относительная погрешность сравнения аппроксимаций, основанных на расчетах i и j

соответственно, %; x_i , x_j – массовые концентрации нуклида в топливе для аппроксимаций, основанных на расчетах с соответствующими индексами, г/кгУ; $B_{кон,i}$, $B_{кон,j}$ – конечные глубины выгорания, полученные на последнем шаге расчетов i и j , МВт*сут/кгУ.

Чтобы анализировать расхождение зависимостей для различных нуклидов и обеспечить сходную методику получения данных из однопараметрических полиномов, представляется целесообразным найти погрешности аппроксимации для различных расчетов по формуле (1) при $i = 7$. Например, для америция-243 относительные погрешности, полученные с использованием законов вывода борной кислоты для первой загрузки энергоблоков № 3 и № 4 показаны на рисунке 2. Также на нём изображены относительные погрешности при x_i , относящемся к энергоблоку № 4, и при x_j , относящемся к энергоблоку № 3.

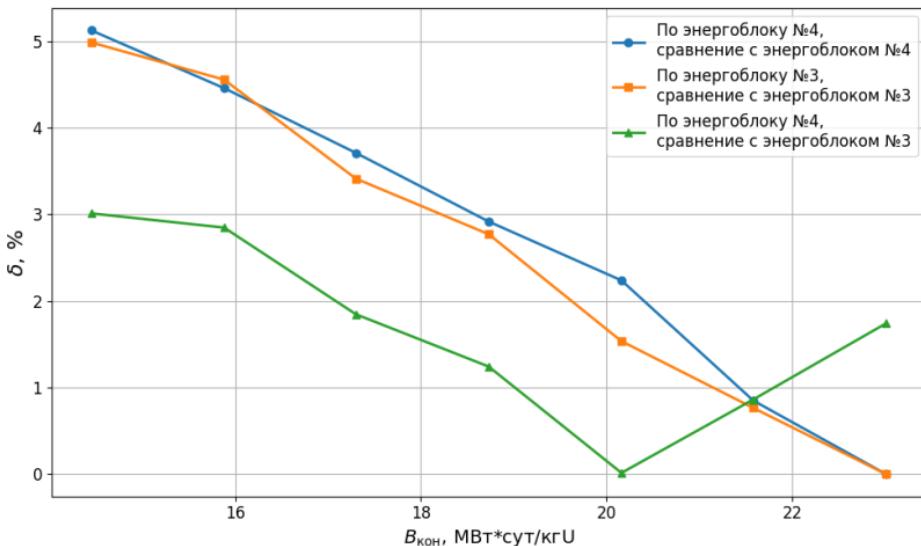


Рис.2. Зависимость относительной ошибки между значениями однопараметрических кривых от конечной глубины выгорания

Погрешность существенна. Построенные функции почти линейно увеличивают относительную погрешность с ростом расхождения в конечных глубинах выгорания при сравнении значений, связанных с таким же законом вывода борной кислоты. Однако также видно, что относительная погрешность однопараметрической зависимости, полученной на четвертом энергоблоке и применённой к третьему, убывает нелинейно с ростом конечной глубины выгорания и оказывается ниже, чем при применении данной зависимости к самому же четвертому блоку – это связано с нелинейным влиянием борной кислоты на изменение концентраций нуклидов.

Для оценки разброса значений, получаемых кривыми для предсказания концентрации нуклидов ОЯТ представляется важным сопоставить все семь зависимостей попарно. Сопоставление производится также вычислением относительной погрешности по формуле (1) для энергоблока №4, где i и j пробегают значения от 1 до 7 независимо. Характеристики полученного массива значений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики массива относительных ошибок, получаемых попарным сравнением
аппроксимаций

Нуклид	Средняя относительная погрешность, %	Максимальная относительная погрешность, %	Стандартное отклонение для относительной ошибки, %	Коэффициент вариации для относительной ошибки, %
U-235	0,09105	0,1747	0,05401	59,33
U-238	0,001902	0,003790	0,001150	60,49
Pu-239	0,4854	1,065	0,3053	62,89
Pu-240	0,5564	1,371	0,3810	68,48
Np-237	0,7760	1,773	0,5296	68,25
Am-241	1,273	1,233	0,8289	65,11
Am-243	2,170	5,123	1,414	65,17
Cm-244	3,324	8,051	2,219	66,77

Высокие средняя и максимальная погрешность для минорных актинидов и других долгоживущих нуклидов может вносить существенный вклад в общую погрешность определения состава ОЯТ. Значительный коэффициент вариации – больше 60 % – показывает огромный разброс значений при получении предсказаний, связанный с неучетом рассматриваемого поглотителя в системе.

Становится очевидно, что для улучшения данной зависимости необходимо ввести конечную глубину выгорания как второй параметр. Однако его введение может ухудшить ситуацию, так как на рисунке 2 аппроксимация, построенная по данным первой загрузки энергоблока № 4, предсказывает результаты на энергоблоке № 3 лучше, чем на самом энергоблоке № 4. Поэтому требуется также учесть и масштабы вывода борной кислоты, и нелинейное влияние закона ее вывода на состав топлива с различной интенсивностью выгорания. Таким образом, представляется полезным для улучшения предсказания состава ОЯТ добавить и другие параметры к однопараметрическим зависимостям, которые могут быть использованы в работе различных расчетных программ, используемых при обосновании безопасности.

Литература

1. РБ-093-20. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Радиационные и теплофизические характеристики отработавшего ядерного топлива водоводяных энергетических реакторов и реакторов большой мощности канальных. – Москва: ФС по экологическому, технологическому и атомному надзору. 2020. – 99 с
2. Leppänen J. et al. Serpent—a continuous-energy Monte Carlo reactor physics burnup calculation code //VTT Technical Research Centre of Finland. – 2013. – Т. 4. – №. 455. – С. 2023-09.
3. Павлов, С.В. ТВС и твэлы ядерных энергетических установок: учебное пособие / С.В. Павлов. – Димитровград: ДИТИ НИЯУ МИФИ, 2017.

**Разработка автоматизированной системы проектирования электропроводки
с учётом расположения элементов электрооборудования**

Щеголев Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Мотков Александр Геннадьевич, старший преподаватель кафедры

«Информационные системы и технологии»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный
исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

Рассматривается создание программного средства для интерактивного проектирования планов помещений с возможностью размещения элементов электрооборудования — розеток, выключателей, светильников, распределительных коробок. Особое внимание уделяется алгоритмам автоматизированной трассировки кабельных линий с учетом действующих норм и правил устройства электроустановок (ПУЭ), а также формированию сметы по количеству и типу используемых материалов.

Развитие информационных технологий позволило существенно упростить инженерное проектирование, в том числе при разработке электрических схем здания или квартиры. Появился спрос на инструменты, способные не только быстро смоделировать размещение оборудования, но и автоматически спроектировать оптимальные трассы кабельных линий, учитывающие строительные и нормативные ограничения.

Архитектура планировщика

Система состоит из следующих модулей:

1. Графический редактор плана помещения (рисунок 1) предоставляет интерактивные инструменты для построения плана помещения — создания и редактирования стен, дверных и оконных проёмов, а также детального размещения обозначений электрооборудования (розеток, выключателей, светильников, распределительных коробок).

Каждый элемент, добавляемый на план, обладает возможностью индивидуальной настройки параметров:

- Розетка (рисунок 2): при установке на плане пользователь может задать количество розеточных гнезд в блоке, а также выбрать перечень подключаемого к ней оборудования. Эти параметры учитываются при последующем автоматическом расчете необходимой мощности и подборе допустимой нагрузки на линию.

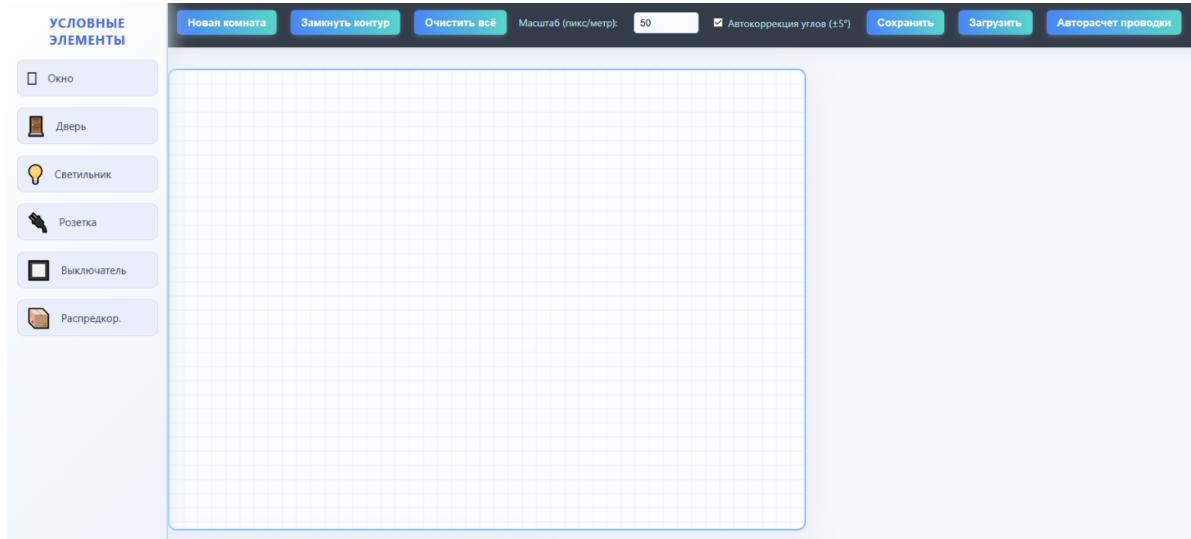


Рис.1. Интерфейс программы

- Выключатель: для каждого выключателя возможно определить количество клавиш (одноклавишный, двухклавишный и так далее), а также назначить каждой клавише управление конкретным светильником или группой светильников. Это необходимо для корректного построения маршрутов кабеля от выключателя к соответствующим светильникам и правильного расчета общей длины используемого кабеля.
- Лампочка/светильник: при добавлении определяется потребляемая мощность светового прибора, что позволяет учесть этот параметр при составлении общей электрической нагрузки системы.

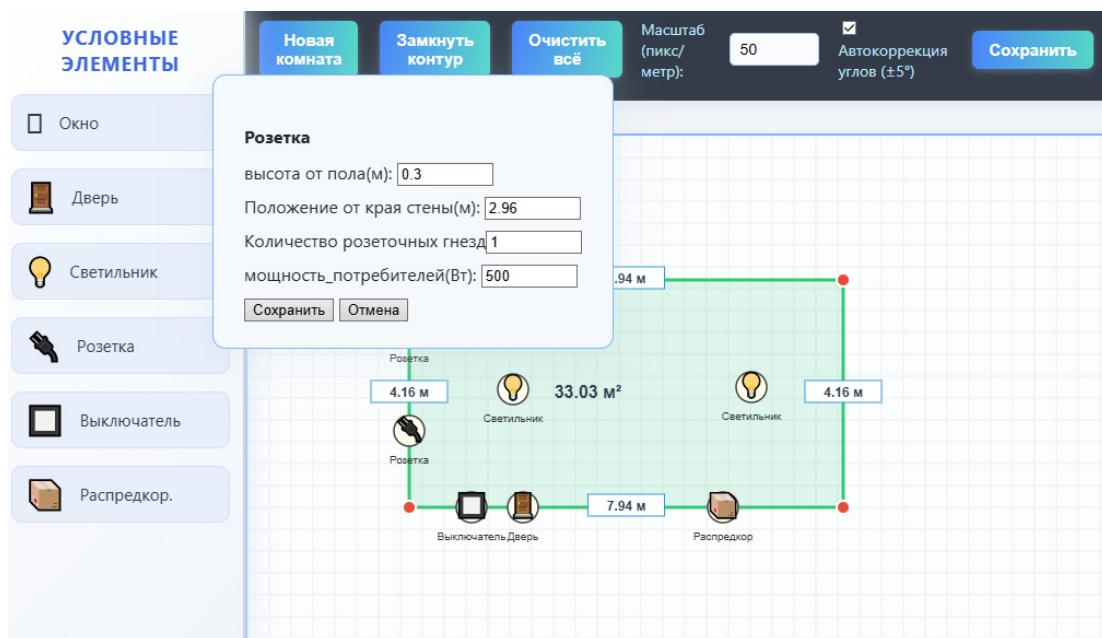


Рис.2. Редактирование параметров элементов на плане

Общие параметры: все электротехнические элементы имеют строгую привязку к координатам помещения, обеспечивающую точное размещение на плане. В частности, для розеток и выключателей задается высота от пола (отступ), что критично для выполнения норм ПУЭ и корректной трассировки кабельных линий в автоматическом режиме.

Такой уровень параметризации обеспечивает максимальную гибкость проектирования и позволяет реализовать детализированный, соответствующий нормативам и требованиям заказчика проект электротехнической части помещения.

К особенностям работы с планом помещения можно отнести возможность автокоррекции углов при построении. Для этого в интерфейсе программы выведен соответствующий параметр. При включенной автокоррекции углы будут автоматически достраиваться до прямых, что упростит задачу проектирования помещений.

Функция «Замкнуть контур» позволяет завершить построение помещения в случае, если уже построены все участки стены кроме одного.

Параметр «масштаб» необходим для привязки размеров проектируемого помещения к реальным. Программа дополнительно производит расчет площадей проектируемых помещений, которые могут понадобиться в процессе проектирования, например, для определения оптимального количества светильников.

2. Модуль автоматической трассировки проводки производит прокладку кабелей на основе расположения элементов электрооборудования и заданных узлов, строит оптимальные кабельные маршруты по кратчайшему пути с учетом требований ПУЭ. Трассировка на плоском плане реализована на основе алгоритма Дейкстры. При нажатии кнопки «Авторасчет проводки» (рисунок 3) программа уточнит высоту потолка помещения и произведет построение.

Требования ПУЭ, учитываемые на уровне алгоритмов трассировки и контроля ошибок проектирования:

- Прокладка кабелей допускается строго по вертикальным и горизонтальным линиям относительно стен, потолков и пола. Не допускается прокладка проводки по диагонали. Горизонтальные отступы от конструкций составляют над полом не менее 150 мм, от потолка 50-100 мм, от балок и карнизов не менее 50-100 мм. Вертикальные трассы идут строго над выключателями, розетками и электрощитами, не ближе 100 мм к дверным/оконным проёмам.
- Ограничение длины от распределительной коробки до потребителя — рекомендуется не более 15–20 метров без дополнительной промежуточной коробки.
- Сечение должно рассчитываться по нагрузке и длине линии с учетом мощности подключаемого оборудования
- Обязателен запас по току не менее 15-20% [1, 2].

Запрет на скрытую проводку в стенах из горючих материалов без защиты трубы/короба и использование гофры, кабель-каналов или металлорукава для всей скрытой проводки в бетонных, кирпичных стенах и перекрытиях будет предусмотрен в следующих версиях программы после добавления возможности выбора материалов строительных конструкций.

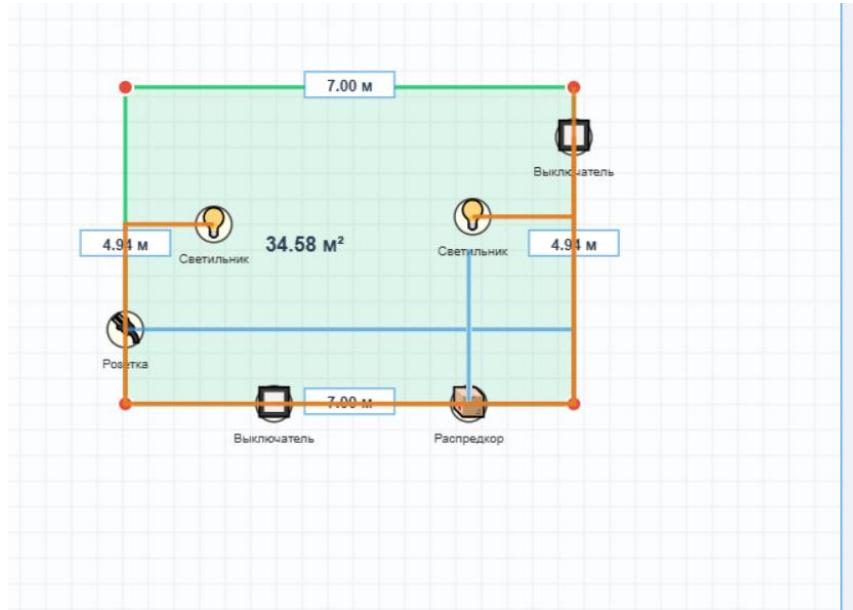


Рис.3. Реализация функции «Авторасчет проводки»

3. Сметный модуль выполняет комплексную автоматизацию расчета материалов, оборудования (рисунок 4).

ИНФОРМАЦИЯ О ПРОЕКТЕ

Общая площадь: 34.58 м²

Комната 1: 34.58 м²

Смета:

- Выключателей: 2
- Розеток: 1
- Распределкоробок: 1
- Светильников: 2
- Кабель ВВГнг-LS 3x2.5: 12.2 м
- Кабель ВВГнг-LS 3x1.5: 70.0 м

ЛКМ — добавление точек/элементов,
ПКМ по длине — редактировать размер,
ПКМ по точке — удалить точку,
ПКМ по элементу — параметры; Перетащите элемент слева на схему.

Рис.4. Пример сметы проекта

По заданному проекту помещения, с учётом размещения электрооборудования и прокладки кабельных линий, модуль поэтапно осуществляет:

- Автоматический подсчет длин каждого прокладываемого кабеля, включая выделение отдельных кабельных трасс для групп розеток, выключателей, светильников и линий питания распределительных коробок.
- Определение количества необходимых электротехнических компонентов: автоматических выключателей, распределительных коробок, розеточных блоков, выключателей, светильников, соединительных элементов и прочих изделий, соответствующих проектной схеме.
- Возможен динамический расчет общей стоимости — для каждого наименования

подбирается товарная позиция на основании прайс-листов различных производителей. Система поддерживает загрузку актуальных цен, наличия на складе, технических характеристик.

При формировании сметы, программа анализирует параметры и требования проекта (мощность линии, диаметр и тип кабеля, тип розеток/выключателей) и автоматически предлагает подходящие товарные позиции для включения в итоговую спецификацию.

Пользователь может вручную корректировать выбор изделия, заменять позиции альтернативными или выбирать оптимальный вариант по стоимости.

В результате сметный модуль выдаёт детализированную спецификацию всех материалов и оборудования с указанием их количества и стоимости.

Таким образом, разработка автоматизированного планировщика позволяет значительно ускорить и повысить точность проектирования электросистем помещений, минимизировать риск ошибок в расчетах и обеспечить соответствие проектных решений требованиям нормативных документов. Интеграция сметных расчётов с графическим модулем обеспечивает инженерно-экономическую оптимизацию.

Литература

1. Правила устройства электроустановок: все действующие разделы и главы шестого и седьмого изданий. — Москва : ЭНАС, 2019. — 672 с. — ISBN 978-5-4248-0162-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/173340> (дата обращения: 10.10.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. СП 256.1325800.2016 — «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» (официальное издание, утверждено Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29 августа 2016 года №602/пр, введено в действие со 2 марта 2017 года).

СЕКЦИЯ 2

«ИТ – ТЕХНОЛОГИИ В АТОМНОМ ОБРАЗОВАНИИ И НАУКЕ»

УДК 004.4

Технологии создания научных видеороликов

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»;

Кислинская Анастасия Александровна,

студентка направления «Информационные системы и технологии»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье представлен обзор роли научных видеороликов в цифровой трансформации образования и науки. Рассмотрены преимущества видеосюжетов как инструмента популяризации знаний, включая доступность и формирование научного мышления. Описаны ключевые этапы создания видеороликов и сравнение современных программных средств для монтажа.

В эпоху цифровой трансформации образование и наука переживают фундаментальные изменения. Традиционные методы передачи знаний, такие как лекции и печатные издания, уступают место инновационным форматам, где мультимедийные технологии играют ключевую роль. Среди них особое место занимает научный видеосюжет — динамичный и увлекательный инструмент, который интегрирует исследовательскую деятельность с образовательным процессом [1].

Научный видеоролик представляет собой короткий видеоматериал продолжительностью от 3 до 10 минут, сочетающий текст, визуалы и аудио. Эта комбинация расширяет каналы восприятия информации, делая даже самые сложные научные концепции доступными для широкой аудитории. Психологические исследования подтверждают: в указанном временном диапазоне сохраняется максимальная концентрация внимания зрителя, что обусловлено как когнитивными особенностями человеческого мозга, так и техническими ограничениями современных платформ [2].

Цель настоящей статьи — проанализировать значение научных видеороликов как средства популяризации знаний, рассмотреть ключевые этапы их создания и сравнить возможности современных программных инструментов для монтажа. Мы разберем роль видео в образовании, подчеркнем их вклад в формирование научного мышления и предложим практические рекомендации для авторов. В условиях, когда глобальные вызовы — от климатических изменений до биотехнологий — требуют массового научного просвещения, такие материалы становятся не просто развлечением, а стратегическим ресурсом для общества.

Научные видеоролики эволюционировали от простых демонстраций экспериментов к полноценным нарративам, способствующим глубокому пониманию мира. Их влияние на образование многогранно: от популяризации научных идей до демократизации знаний и развития критического мышления.

Одна из главных функций видеороликов — популяризация научных идей. Согласно исследованиям в области когнитивной психологии, визуализация повышает запоминаемость информации на 65% по сравнению с текстовым форматом. Анимация, компьютерная графика и 3D-модели позволяют иллюстрировать абстрактные процессы: например, квантовые флуктуации в физике или митоз в биологии [2].

Примером служат проекты вроде "PostNauka" и "Научпоп". "PostNauka" предлагает серию роликов, где ведущие ученые объясняют теорию относительности Эйнштейна через повседневные аналогии, такие как GPS-навигация. "Научпоп" фокусируется на экспериментах для молодежи, демонстрируя, как вулканическая активность моделируется в домашних условиях. Эти материалы не только объясняют факты, но и вдохновляют: по данным опросов, 70% школьников, просматривающих такие видео, выражают интерес к STEM-дисциплинам. В итоге видеоролики повышают научную грамотность общества, способствуя борьбе с мифами и псевдонаукой.

В цифровую эпоху знания должны быть доступны всем, без барьеров географии или времени. Научные видеоролики идеально вписываются в концепцию "lifelong learning" — непрерывного образования на протяжении жизни. Они размещаются на платформах вроде YouTube или VK Video, где миллионы пользователей могут просматривать их в любое время.

Особенно актуально это для дистанционного обучения, актуального после пандемии COVID-19. В 2020–2025 годах объем онлайн-курсов вырос на 300%, и видео заменили традиционные лекции. Например, в российских вузах, таких как МГУ или СПбГУ, видеоролики используются для подготовки к семинарам: студенты смотрят анимацию химических реакций перед лабораторными работами. Это снижает нагрузку на преподавателей и повышает вовлеченность: исследования показывают, что видео-лекции увеличивают усвоемость на 20–30%. Для регионов с ограниченным доступом к ресурсам такие материалы — мост к миру науки, демонстрируя образование и снижая социальное неравенство.

Видеоролики выходят за рамки информативности, выполняя воспитательную роль. Они демонстрируют не только результаты, но и процесс научного поиска: от гипотезы к эксперименту и анализу. Зритель учится критически оценивать данные, распознавать ошибки и формулировать выводы.

Возьмем ролик о климатических моделях: он начинается с постановки проблемы (глобальное потепление), показывает сбор данных со спутников, моделирование в софте и дискуссию о прогнозах. Такие нарративы развивают исследовательское мышление, особенно у молодежи. По данным UNESCO, страны с высоким уровнем визуального контента в образовании

(например, Финляндия) демонстрируют на 15% лучшие результаты в международной программе оценки образовательных достижений учащихся PISA по научной грамотности. В России инициативы вроде "Наука 2.0" интегрируют видео в школьные программы, формируя культуру скептицизма и инноваций [3].

Создание качественного видеоролика — это системный процесс, требующий креативности и технических навыков. Разделим его на ключевые этапы, каждый из которых влияет на финальный результат.

Все начинается с идеи — лаконичной формулировки научного факта или проблемы. Идея должна быть актуальной: например, "Как ИИ меняет медицину?" в 2025 году привлечет внимание из-за прорывов в диагностике.

Критично определить аудиторию: для школьников — простые метафоры, для экспертов — уравнения и ссылки на первоисточники. Анализ демографии (возраст, уровень знаний) через опросы или Google Analytics помогает адаптировать тон. Этот этап занимает 20–30% времени, но предотвращает переделки.

Сценарий — скелет ролика, структурированный по классической схеме: введение, основная часть и заключение. Длина — 400–800 слов для 5-минутного видео.

Раскадровка визуализирует сцены: эскизы кадров, описания (кадр: анимация молекулы, текст: "Атомы соединяются..."). Инструменты вроде Storyboard That упрощают процесс. Это позволяет синхронизировать нарратив с визуалами, сокращая монтаж на 40%.

Съемка сочетает технику и искусство. Освещение задает тон для видеоролика и настраивает зрителя на потребление контента. Естественный свет для интервью, софтбоксы для студии. Композиция по правилу третей фокусирует внимание. Звук: внешний микрофон (Rode NTG) минимизирует шумы. [4]

Современные смартфоны заменяют камеры для любителей, обладая 4К-разрешением и стабилизацией. Контролируйте параметры: 24–30 fps для плавности, ISO ниже 800 для чистоты.

Монтаж — процесс, в котором создается итоговый видеоролик. На постпродакшне отсматривается снятый материал, обрезаются выгодные кадры, компонуются по правилам кадрирования. После чернового монтажа идет процесс звукорежиссуры, это наложение музыки и озвучивание видеоролика диктором.

Цветокоррекция в DaVinci Resolve придает картинке итогового продукта яркость и сочность. Экспорт: MP4 для YouTube (1080p), существует также оптимизация под мобильные устройства.

Выбор софта зависит от уровня: профессионалы предпочитают мощные инструменты, новички — интуитивные. Adobe Premiere Pro лидирует в профессиональной среде: его рабочая область позволяет синхронизировать видео, аудио и эффекты, а интеграция с After Effects и AI-автоматизация упрощают сложные задачи, такие как многослойный монтаж научных симуляций.

Однако кривая обучения здесь крутая, а программа ресурсоемка, требуя мощного ПК, что делает ее идеальной для профессионалов и студий, но не для начинающих; стоимость в 2025 году — около 20 долларов в месяц. Adobe After Effects дополняет экосистему, специализируясь на анимации, 3D и VFX для инфографики — от динамических схем молекулярных реакций до частиц в моделях физики, — но не подходит для базового монтажа из-за сложности, программа ориентирована на аниматоров и дизайнеров по той же цене 20 долларов в месяц. В отличие от них, CapCut предлагает мобильный подход с шаблонами и бесплатным доступом, обеспечивая авто-эффекты и быстрый экспорт, что делает его отличным для TikTok-стиля коротких роликов или прототипов среди любителей и студентов, хотя для сложных проектов функционал ограничен. Сравнение подчеркивает: комбо Adobe — золотой стандарт для высококачественных научных видео благодаря глубине и интеграции, в то время как CapCut выигрывает в доступности и скорости для экспериментов, особенно с AI-функциями вроде авто-субтитров в Premiere, которые в 2025 году радикально упрощают workflow для всех уровней [3, 4, 5, 6].

Научные видеоролики — катализатор изменений в образовании и науке. Они популяризируют знания, демонстрируют доступ и формируют мышление, готовя общество к вызовам будущего. От идеи до монтажа процесс требует дисциплины, но вознаграждается вовлеченностью аудитории: средний просмотр — 80% длительности ролика.

Развитие технологий (VR-интеграция, AI-генерация) обещает новые горизонты. Авторам стоит экспериментировать, сочетая креатив с этикой: точность фактов, инклюзивность. В цифровом обществе видеоролики — не роскошь, а необходимость, формирующая новую парадигму научной коммуникации. Призываем ученых и педагогов создавать больше контента — для яркого, осмысленного мира.

Литература

1. Видеоматериалы в образовательном процессе: опыт апробации и использования на примере естественнонаучных дисциплин. — Текст: электронный // CyberLeninka: [сайт]. — 2023. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/videomaterialy-v-obrazovatelnom-protsesse-opyt-aprobatsii-i-ispolzovaniya-na-primere-estestvеннонаучnyh-distsiplin> (дата обращения: 25.11.2025).
2. Войцеховский А.В. Вы хотите снимать науку — с чего начать? Советы по созданию научно-популярного видео. — Текст: электронный // НаукаTV: [сайт]. — 2024. URL: https://naukatv.ru/news/vy_khotite_snimat_nauku_s_chego_nachat_sovety_po_sozdaniyu_nauchno_populyarnogo_video (дата обращения: 25.11.2025).
3. Создание видеоролика: методические рекомендации. — Текст: электронный // НОККИИ: [сайт]. — 2023. — URL: https://nokki.ru/docs_01/mc_guidelines/mc_guidelines_07_2023_01.pdf (дата обращения: 25.11.2025).
4. Этапы создания видеоролика — руководство. — Текст: электронный // Студия Feelmake: [сайт]. — 2025. — URL: <https://feelmake.video/ru/etapi-stvorenija-videorolika-3/> (дата обращения:

25.11.2025).

5. Этапы создания видеоролика: пошаговая инструкция. — Текст: электронный // Ruvision: [сайт]. — 2025. — URL: <https://ruvision.ru/blog/etapy-sozdanie-videorolika>

6. Рекомендации по созданию видеоролика. — Текст: электронный // NashLeader: [сайт]. — 2025. — URL: <https://nashleader.ru/rekomendacii-po-sozdaniyu-videorolika/>

УДК 004.04

Анализ функциональных возможностей видеоконференций

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»;

Корнеев Анатолий Сергеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье представлен обзор функциональных возможностей платформ для видеоконференцсвязи, как базовые, так и более специализированные. Проведён краткий сравнительный анализ наиболее популярных платформ. Выявлены тенденции развития технологических возможностей видеоконференций.

Современные организационные процессы в бизнесе и, в частности, на крупных сетевых предприятиях, необходимые для качественного управления рабочим процессом в коллективах, стали причиной стремительного развития новых цифровых решений в области коммуникации [11, 12 и др.]. Для этой цели идеально подходят платформы для видеоконференций, выросшие из простого инструмента для удалённого общения в критически важный элемент организационной инфраструктуры.

Под платформой для видеоконференций понимают комплексное программное решение, предназначенное для группового общения в реальном времени при помощи интернета и предоставляющее множество функций для совместной работы, включая обмен сообщениями и файлами, совместное редактирование документов, интерактивную работу с контентом и управление задачами. Видеоконференцсвязь (ВКС) эволюционировала от дорогостоящих специализированных систем до общедоступных сервисов, что позволило легко интегрировать её в организации во всех сферах деятельности [4].

Целью данного анализа является всесторонний обзор как базовых, так и специализированных функциональных возможностей платформ для видеоконференций, сравнение наиболее массовых сервисов ВКС с точки зрения использования реализации данных возможностей, а также выявление современных тенденций развития платформ.

Актуальность анализа определяется совокупностью факторов, кардинально изменивших бизнес-процессы и рынок труда в последние годы.

Во-первых, это массовый переход на гибридный и удалённый формат работы, сделавший видеосвязь основным каналом коммуникации в бизнесе, образовании и других сферах. Встречи, собеседования, вебинары, проектные сессии и даже корпоративные мероприятия переместились в онлайн-среду [2].

Во-вторых, значительная консолидация рынка. Пользователи сталкиваются с широким выбором решений: глобальных, нишевых и корпоративных продуктов. Эти платформы предлагают разнообразие функций, что создаёт сложности в выборе оптимального решения. Для организации важно точно определить необходимые требования к возможностям платформы, так как неправильный выбор может привести к значительным финансовым потерям, снижению эффективности командной работы и проблемам с безопасностью данных [3].

В-третьих, функционал видеоконференций вышел далеко за рамки простой передачи медиаинформации. Современные платформы активно интегрируют искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности, сложные инструменты модерации и аналитики, автоматизируя и оптимизируя бизнес-процессы.

Основой любой платформы для видеоконференций является набор корневых возможностей, без которых процесс онлайн-встречи невозможен. Эти функции образуют технологический минимум, определяющий саму суть ВКС как сервиса. Их реализация может различаться по качеству и глубине проработки, но отсутствие любой из них переводит платформу в разряд иных коммуникационных решений. Дальнейшее же развитие платформы происходит именно через надстройку расширенного функционала на перечисленные фундаментальные элементы.

Аудио-видео коммуникация в реальном времени составляет ядро любой платформы. Эта функция обеспечивает синхронную передачу голоса и изображения между участниками, создавая эффект личного присутствия. Даже самые простые реализации обязательно включают механизмы эхоподавления и шумокоррекции.

Организация виртуальной встречи подразумевает унифицированные механизмы доступа. Стандартом стала генерация уникальных идентификаторов. Демонстрация содержимого экрана является неотъемлемым элементом взаимодействия. Эта функция позволяет транслировать рабочий стол или отдельные приложения.

Текстовая коммуникация реализуется через встроенный чат, служащий дополнительным каналом взаимодействия. Базовый функционал включает обмен сообщениями в режиме реального времени, уведомления о новых сообщениях и сохранение истории текущей сессии. Чат становится резервным каналом связи при проблемах с аудио-видео трафиком и инструментом коллективного обсуждения.

Безопасность соединения обеспечивается на фундаментальном уровне шифрованием передаваемых данных по стандартным протоколам (TLS/SRTP). Обязательным элементом является авторизация доступа через уникальные идентификаторы встречи, часто с дополнительной парольной защитой.

Далее необходимо выделить функции для взаимодействия и вовлечения. Они уже не являются критически необходимыми, но работают на преодоление ключевых ограничений дистанционного взаимодействия – от потери невербальных сигналов до сложностей групповой динамики. Их реализация напрямую влияет на эффективность виртуальных встреч, предоставляя участникам дополнительные механизмы взаимодействия.

Интерактивные реакции и эмоциональная обратная связь стали стандартом для преодоления ограничений виртуального общения. Система эмодзи-реакций позволяет участникам мгновенно выражать согласие, аплодировать или сигнализировать о необходимости слова без прерывания спикера. Технология виртуального поднятия руки с очередью выступлений формализует процесс обсуждения, воспроизводя динамику онлайн-встреч. Особую ценность представляют невербальные индикаторы статуса – от готовности ответить на вопрос до необходимости перерыва, что особенно важно в многочисленных группах.

Инструменты коллективного принятия решений трансформируют пассивных слушателей в активных участников. Интегрированные системы опросов и голосований позволяют проводить мгновенные срезы мнений с визуализацией результатов в режиме реального времени. Расширенные реализации поддерживают сложные форматы – от ранжирования вариантов до мозговых штурмов с модерацией поступивших идей.

Сессионные залы для параллельной работы воспроизводят преимущества живых сессий. Организатор может автоматически или вручную распределять участников по виртуальным комнатам с возможностью контроля времени обсуждения. Динамическое перемещение между группами и общие доски для каждой комнаты создают гибкую среду для групповой динамики.

Совместное взаимодействие с контентом выводит взаимодействие за рамки пассивного просмотра: редактирование документов в реальном времени с видимостью курсоров всех участников, интерактивные доски с библиотекой шаблонов и возможность комментирования презентаций без изменения оригинала. Технология совместного управления приложениями позволяет проводить демонстрации программного обеспечения с элементами удаленного контроля.

Персонализация виртуального пространства способствует психологическому комфорту участников. Настраиваемые фоны с возможностью размытия сохраняют конфиденциальность домашней обстановки, а система виртуальных аватаров предлагает альтернативу видеотрансляции. Интеллектуальные кадрирование и освещение автоматически адаптируют изображение под условия окружения, а персонализированные настройки интерфейса позволяют

настроить расположение элементов под индивидуальные предпочтения.

Геймификация и метрики вовлеченности внедряют элементы игровой механики для борьбы с цифровой усталостью. Системы бейджей за активность, рейтинги участников и визуализация уровня вовлеченности по анализу видеопотока создают здоровую соревновательную среду. Интеграция с платформами корпоративного обучения позволяет назначать квесты и награждать виртуальными достижениями за образовательную активность.

Функции администрирования и безопасности формируют комплексную систему управления корпоративными коммуникациями. Их эффективная реализация позволяет организациям соблюдать нормативные требования и защищать интеллектуальную собственность.

Многоуровневый контроль доступа формирует основу безопасности виртуальных переговоров. Система начинается с обязательной аутентификации участников через верификацию email-адресов или вход по корпоративным учетным данным. Механизм виртуальных комнат ожидания позволяет организатору индивидуально подтверждать каждое подключение, а функция блокировки встречи предотвращает несанкционированное присоединение после начала сессии. Расширенные реализации включают географические ограничения доступа и привязку к определенным IP-адресам для работы с конфиденциальной информацией.

Динамическое управление участниками предоставляет организаторам полный контроль над ходом сессии. Централизованная панель позволяет массово управлять аудио- и видеопотоками, включая принудительное отключение микрофонов всех участников. Иерархия ролей определяет уровень полномочий для каждого присутствующего.

Сквозная защита данных реализуется через комплексное шифрование по стандартам банковского уровня. Транспортное шифрование TLS 1.3 защищает передачу сигнала, а протокол SRTP обеспечивает безопасность медиапотоков. Для особо чувствительных переговоров активируется режим сквозного шифрования (E2EE), при котором ключи дешифрования хранятся только на устройствах участников. Дополнительная защита включает водяные знаки на видео и блокировку возможности несанкционированной записи экрана [10].

Интеллектуальная модерация контента предотвращает злоупотребления в ходе сессии. Система фильтрации чата автоматически блокирует нежелательные сообщения и подозрительные ссылки. Организаторы могут ограничивать возможности обмена файлами определенными типами документов или полностью отключать эту функцию. Расширенные платформы интегрируют AI-модерацию, анализирующую видеопоток на предмет недопустимого контента и автоматически применяющую санкции.

Централизованный аудит и отчетность обеспечивают полную прозрачность использования платформы. Журналы событий фиксируют детальную информацию о каждой сессии: от времени подключения участников до активации функций. Система генерирует аналитические отчеты об активности пользователей, качестве соединения и использовании различных инструментов.

Автоматизированное управление безопасностью включает предиктивные системы защиты. Механизмы обнаружения аномальной активности идентифицируют подозрительные шаблоны поведения, такие как массовые попытки подключения с одного IP-адреса. Интеграция с SIEM-системами позволяет коррелировать события видеоконференций с другими аспектами корпоративной безопасности. Автоматические уведомления о потенциальных угрозах помогают администраторам оперативно реагировать на инциденты.

Политики хранения и архивации регулируют жизненный цикл материалов встреч. Администраторы устанавливают правила автоматического удаления записей по истечении заданного периода или после достижения определенного объема данных. Система классификации контента позволяет применять разные политики хранения в зависимости от тематики встречи и уровня конфиденциальности. Шифрование архивов на стороне хранилища гарантирует защиту данных в состоянии покоя.

Далее следуют сложные специализированные функции, используемые редко или в отдельных решениях ввиду своей новизны или трудности реализации. Данные возможности трансформируют обычные платформы для ВКС в инновационные решения, доминирующие в своих сферах.

Интеллектуальные системы на базе ИИ кардинально преобразуют пользовательский опыт. Технологии автоматической транскрипции не просто преобразуют речь в текст, но и идентифицируют спикеров, создавая структурированные протоколы встреч. Продвинутые алгоритмы анализа видеопотока способны отслеживать язык тела и эмоциональные реакции участников, предоставляя обратную связь о вовлеченности аудитории. Системы интеллектуального шумоподавления научились распознавать и фильтровать фоновые звуки, начиная от клавиатуры и заканчивая уличным шумом, сохраняя при этом человеческую речь.

Мультиязыковая поддержка вышла за рамки простого перевода интерфейса. Современные платформы предлагают синхронный перевод речи в реальном времени с сохранением интонационных особенностей говорящего. Технология распознавания акцентов и диалектов позволяет точно специфицировать речь носителей разных вариантов языка. Система автоматических субтитров адаптируется к скорости речи и сложности терминологии, поддерживая специализированные словари для различных отраслей. Особую ценность представляет функция перевода чата в режиме реального времени, позволяющая преодолеть языковой барьер в текстовой коммуникации [9].

Гибридные решения создают бесшовный опыт для смешанных форматов встреч. Интеграция с профессиональным оборудованием для переговорных комнат позволяет объединять участников из специализированных помещений с удаленными пользователями. Технология интеллектуального захвата видео обеспечивает автоматическое переключение между камерами в зависимости от активности говорящего в гибридной среде. Системы пространственного звука

создают эффект присутствия, распределяя голоса участников в стереопространстве согласно их расположению в виртуальной комнате.

Гибкие сценарии использования поддерживают разнообразные бизнес-процессы. Платформы адаптируются под различные форматы мероприятий – от совещаний на несколько человек до масштабных вебинаров с тысячами зрителей.

Автоматизация рабочих процессов интегрирует видеокоммуникации в корпоративные системы. API-интеграции с CRM позволяют автоматически создавать встречи на основе данных о клиентах и сохранять записи переговоров в карточках контрагентов. Системы управления проектами синхронизируются с платформами видеосвязи, создавая задачи на основе контента обсуждений. Умные помощники анализируют расписание участников и предлагают оптимальное время для встреч, учитывая их временные зоны и рабочие нагрузки.

Персонализированные рабочие пространства используют машинное обучение для адаптации под предпочтения пользователей. Система запоминает часто используемые настройки и автоматически применяет их при подключении к встречам определенного типа. Интеллектуальные рекомендации предлагают релевантные материалы и участников для будущих обсуждений на основе анализа предыдущих взаимодействий. Динамическая адаптация интерфейса под конкретный сценарий использования повышает эффективность работы, скрывая нерелевантные в данный момент инструменты.

Разберём наиболее популярные платформы для ВКС по рассмотренным категориям функциональных возможностей. Для сравнения были выбраны следующие среды: Zoom, Microsoft Teams, Cisco Webex и Google Meet.

Zoom демонстрирует стабильную работу с группами до 1000 участников с автоматической адаптацией качества видео. Платформа обеспечивает минимальную задержку передачи данных даже при нестабильном интернет-соединении. Microsoft Teams интегрирует базовые функции видеосвязи в единое рабочее пространство с общими файлами и задачами. Google Meet предлагает наиболее простой интерфейс для быстрого старта встреч через браузер без установки дополнительного ПО [6].

Zoom лидирует по количеству интерактивных функций: виртуальные фоны, сессионные залы с гибкими настройками, расширенные возможности аннотирования. Microsoft Teams обеспечивает глубокую интеграцию с Office 365, позволяя совместно редактировать документы непосредственно во время встречи. Cisco Webex предлагает продвинутые инструменты модерации с AI-анализом вовлеченности участников.

Cisco Webex сохраняет лидерство в корпоративной безопасности с поддержкой стандартов HIPAA и GDPR. Платформа предоставляет детальный контроль над политиками хранения данных и правами доступа. Microsoft Teams использует инфраструктуру Azure для обеспечения многофакторной аутентификации и шифрования данных. Zoom усилил меры безопасности после

2020 года, внедрив сквозное шифрование и расширенные настройки модерации.

Microsoft Teams демонстрирует наилучшую интеграцию с корпоративными системами через Power Platform и API-интерфейсы. Zoom развивает экосистему через Marketplace с более чем 1500 приложений. Google Meet тесно интегрирован с Google Workspace, обеспечивая автоматическое создание встреч из Календаря и сохранение записей на Google Disc.

Переходя к специализированным функциям, можно отметить, что Zoom интегрирует иммерсивные представления и end-to-end шифрование, Teams – совместное редактирование документов, кастомизацию через приложения и интеграцию с SharePoint, Webex – AI-помощника для заметок, умную запись с разметкой и аналитику продуктивности, а Google Meet – интеграцию с Google Assistant, шумоподавление на базе ИИ.

Все платформы продолжают развивать AI-функционал, улучшая качество автоматической транскрипции и внедряя интеллектуальные помощники. Ключевым трендом остается конвергенция возможностей различных платформ при сохранении специализации на определенных сегментах рынка. Например, Zoom концентрируется на образовательных учреждениях, Google Meet – на стартапах и малом бизнесе, Teams используется в корпоративной среде, а Webex – на уровне международных компаний.

Современные платформы видеоконференцсвязи переживают фундаментальную трансформацию, выходя далеко за рамки традиционной передачи аудио- и видеосигналов. Если ранее развитие фокусировалось на улучшении качества связи и базового функционала, то сегодня вектор сместился в сторону создания комплексных цифровых сред для общения. Этот переход обусловлен несколькими ключевыми факторами: глобализацией бизнеса, распространением гибридных форматов работы и необходимостью обеспечения устойчивости бизнес-процессов в условиях нестабильности.

Четыре взаимосвязанных тренда определяют будущее индустрии: создание иммерсивных сред, формирование экосистем, обеспечение инклюзивности и глубокая гипер-интеграция. Эти направления не просто дополняют друг друга – они формируют новую парадигму, где видеокоммуникации становятся ядром цифровой трансформации организаций.

Иммерсивные среды радикально меняют восприятие виртуального взаимодействия. Технологии виртуальной и дополненной реальности создают эффект физического присутствия, используя 3D-аватары и интерактивные пространства. Платформы типа Microsoft Mesh позволяют участникам естественно взаимодействовать с виртуальными объектами и перемещаться между тематическими зонами [8].

Экосистемность проявляется в трансформации платформ в универсальные центры взаимодействия. На примере Zoom Evolution прослеживается переход от простой видеосвязи к интегрированной среде, объединяющей почту, календарь и управление задачами. Современные решения развиваются в сторону супер-приложений, сочетающих коммуникации, проектный

менеджмент и CRM-функционал. Критически важным становится обеспечение согласованного пользовательского опыта относительно всех компонентов экосистемы [7].

Инклюзивность выходит на новый уровень благодаря искусственному интеллекту. Нейросети генерируют субтитры с учетом специализированной терминологии и акцентов, адаптируя сложность контента под уровень восприятия аудитории. Технологии синхронного перевода сохраняют эмоциональные оттенки речи, а функции управления детализацией интерфейса учитывают сенсорные особенности пользователей. Особое внимание уделяется преодолению языковых и культурных барьеров [1].

Гипер-интеграция предполагает глубокое внедрение видеосвязи в бизнес-процессы. Технологии CPaaS позволяют встраивать коммуникационные функции непосредственно в приложения. Развиваются сценарии автоматического создания видеовстреч на основе анализа рабочих процессов CRM-систем. Платформы начинают предсказывать необходимость коммуникации, анализируя паттерны поведения пользователей.

Эти тренды формируют новую архитектуру цифровых рабочих пространств, где видеокоммуникации становятся естественной частью бизнес-процессов. Успех будущих решений будет определяться способностью балансировать между технологической сложностью и простотой использования, обеспечивая при этом безопасность и соответствие регуляторным требованиям. Развитие видеоконференцсвязи движется к созданию единой, интуитивно понятной и максимально эффективной среды, стирающей границы между физическим и цифровым пространством [5].

Проведенный анализ убедительно демонстрирует, что современный этап развития рынка видеоконференцсвязи характеризуется не столько конкуренцией в области базового функционала, который стал универсальным и стандартизованным, сколько активным поиском узкоспециализированных ниш. Актуальность создания и развития именно специализированных платформ, а не универсальных решений с максимальным охватом популярных функций, обусловлена несколькими ключевыми факторами.

Во-первых, дальнейшая конвергенция возможностей массовых платформ-лидеров приводит к их неизбежной «усредненности». Стремясь удовлетворить потребности максимально широкой аудитории, они вынуждены жертвовать глубиной проработки сценариев для конкретных отраслей. В то же время, узкоспециализированные решения могут предложить бесшовную интеграцию в уникальные бизнес-процессы.

Во-вторых, именно специализация становится главным драйвером инноваций. Тренды на иммерсивность, гипер-интеграцию и инклюзивность наиболее полно раскрываются не в универсальных продуктах, а в платформах, сфокусированных на решении конкретных проблем. Например, создание виртуальных пространств для совместного дизайна в архитектуре или разработка систем с сверхнизкой задержкой для дистанционного управления оборудованием

требуют глубины, недостижимой для продуктов массового спроса.

Таким образом, основной вектор смещается от «платформы для всех» к «экосистеме для конкретных задач». Узкоспециализированные решения, построенные вокруг глубокого понимания отраслевой специфики, становятся критически важным элементом цифровой трансформации. Поэтому инвестиции и разработка в данном направлении являются не просто актуальными, а стратегически необходимыми для формирования следующего поколения цифровых сервисов.

Литература

1. Арпабаев Б.Т. и др. Инклюзивность и доступность через шрифты // Theoretical Hypotheses and Empirical Results. – 2025. – №. 9.
2. Васенин Р.С. Удаленная работа и цифровые рабочие пространства // ББК 1 Н 34. – С. 3739.
3. Волкова М.Г., Овчинин Р.А. Трансформация организационных структур в условиях гибридных форматов работы. – 2025.
4. Курковский С.В., Мишин Д.А., Воробьев К.В. Цифровая трансформация компаний как новая парадигма менеджмента // Финансовые рынки и банки. – 2025. – Т. 1. – С. 291-299.
5. Мызрова К.А. и др. Цифровая культура как фактор устойчивого развития организации в период цифровой трансформации // Креативная экономика. – 2025. – Т. 19. – №. 3. – С. 523-540.
6. Новиков И.В., Резниченко О.С. Анализ существующих систем для видеоконференций // Теория и практика современной науки. – 2024. – №. 6 (108). – С. 96-103.
7. Прокофьева Е.Н. Экосистемность как глобальный тренд на рынке образования // Мир науки, культуры, образования. – 2024. – №. 2 (105). – С. 271-273.
8. Садриева А.Ф. Удаленная работа с применением цифровых технологий и их влияние на человека // П 86 Психология инновационного управления персоналом в контексте традиционных. – С. 188.
9. Сомова И.Ю., Чичулин Н.А., Боева А. С. Мультиязычность как эффективный инструмент успеха на глобальном рынке // Мир науки. Социология, филология, культурология. – 2024. – Т. 15. – №. 2.
10. Федюкович Т.В. Видеоконференцсвязь и обеспечение ее информационной безопасности. – 2025.
11. Московцев А.А., Виштак О.В. Анализ особенностей организации дистанционного обучения в вузе. / В сборнике трудов IV Международной научно-практической конференции: Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании. – Балаково. – 2022. – С. 298-301.
12. Долгачев В.А., Очкур Г.В. Цифровая трансформация компаний в условиях стремительного изменения факторов внешней среды. / Сборник тезисов XII Всероссийской научно-практической молодежной конференции Студенческая научная весна – 2022. – Волгодонск. – 2022. – С. 219-222.

Функциональные особенности облачных хранилищ

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук,
профессор кафедры «Информационные системы и технологии»;
Рыбалко Тимофей Евгеньевич, студент направления
«Информационные системы и технологии»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В данной научной статье рассмотрено облачное хранилище как сервис для хранения данных. Был разобран принцип работы облачных хранилищ. Выделены основные функции и виды облачных хранилищ, сравниены популярные провайдеры облачных хранилищ, проанализированы преимущества и недостатки облачных хранилищ.

Облачные хранилища стали неотъемлемой частью как личного, так и корпоративного способа хранения данных. Они предлагают широкий спектр возможностей, выходящих далеко за рамки простого хранения файлов. В данной статье проводится анализ ключевых функций облачных хранилищ, их классификация и сравнительная характеристика по нескольких критериям.

Прежде всего стоит определить, что понимается под термином «облачное хранилище». Облачное хранилище – это сервис, позволяющий пользователям или корпорациям хранить информацию на удалённых серверах, предоставляемых различными провайдерами облачных услуг [1, 6, 7, 8 и др.]. Технология так называемых «облачных вычислений», лежащая в основе облачных хранилищ, появилась еще в 60-х годах прошлого века, однако массовое использование данной технологии началось лишь в конце двадцатого века [2, 6, 7, 8 и др.].

Условно процесс загрузки данных в облачное хранилище можно разделить на 4 этапа [1]:

1) Разбивка данных и их дальнейшее шифрование

При отправке файла на облако, он сначала разбивается на отдельные блоки, которые представляют из себя небольшие участки данных, что обеспечивает эффективное хранение и дальнейшую передачу информации. Параллельно с этим файл шифруется алгоритмами, которые превращают данные в бессмысленный набор символов, которые невозможно прочитать без ключа.

2) Распределение блоков по серверам

Для обеспечения отказоустойчивости зашифрованные блоки отправляются не на один сервер, а на несколько серверов, которые располагаются в различных местах мира – это называется репликацией. Даже если один или несколько дата-центров будут отключены, файл будет доступен благодаря их копиям на других серверах.

3) Создание метаданных и кэширование

Для того, чтобы система знала, какие блоки относятся к файлу, где они находятся и как их собрать воедино, создаётся специальная «карта» – метаданные. За счёт CDN (Content Delivery Network) файлы загружаются быстрее, так как файл скачивается не с любого сервера, а с самого близкого к пользователю.

4) Синхронизация

Для экономии места и ускорения работы, при изменении файла, система не перезаписывает его полностью, а сохраняет только изменённые блоки. Кроме того, многие облачные хранилища представляют возможность просмотра истории изменений и отката к прошлой версии файла.

Описанный выше механизм работы облачных хранилищ демонстрирует высокую надежность и эффективность организации хранения данных.

Различные облачные хранилища имеют множество функций, позволяющих пользователям удобно хранить информацию и взаимодействовать с нею. Большая часть облачных хранилищ позволяет получить доступ к данным с любого устройства, вне зависимости от используемых аппаратной и программной частей. Благодаря наличию истории изменений, облачные хранилища имеют возможность резервного копирования информации и её восстановления в случае возникновения каких-либо неполадок.

Так как вся информация хранится на удалённом сервере, пользователь имеет возможность неограниченно или почти неограниченно масштабировать максимальный объём хранилища. Синхронизация данных позволяет автоматически обновлять файлы на всех устройствах при их изменении. Также, некоторые облачные хранилища имеют возможность работать офлайн с последующей синхронизацией с облаком при появлении подключения к сети Интернет.

Наличие функции совместной работы позволяет группе пользователей работать с одними и теми же файлами в реальном времени и синхронизировать их. Безопасность хранимых данных обеспечивается шифрованием данных при их передаче и хранении, двухфакторной аутентификации и возможностью настройки уровней доступа. Также, некоторые из облачных хранилищ имеют возможность интеграции с сервисами (например, Облако Mail поддерживает работу с экосистемой Mail [3]).

Таким образом, многофункциональность современных облачных хранилищ обеспечивает удобство работы с данными для различных категорий пользователей.

Перейдём к классификации облачных хранилищ по различным критериям. Условно, облачные хранилища можно разделить:

1) По модели доступа. Существуют публичные, частные и гибридные облачные хранилища. Ключевое отличие публичного хранилища от частного заключается в том, что в первом случае информация хранится на публичном сервере, предоставляемом провайдером, во втором же – информация хранится на собственном сервере определённой организации.

Гибридный подход используется реже и заключается в том, что часть информации хранится на частном сервере, другая же часть хранится на публичном, что позволяет экономить ресурсы на хранении не особо важной информации.

2) По типу хранения данных. Существуют файловые, блочные и объектные облачные хранилища. Самым распространённым видом является файловое облачное хранилище, в котором информация хранится в виде привычной структуры папок и файлов. В блочных облачных хранилищах информация хранится в виде блоков, что позволяет увеличить скорость скачивания и загрузки данных. В объектных облачных хранилищах информация хранится в виде объектов с метаданными, что позволяет эффективнее масштабировать информацию.

3) По способу синхронизации. Существует полная и выборочная синхронизация. При полной синхронизации все файлы дублируются локально на само устройство, при выборочной же пользователь имеет возможность выбрать данные, которые должны быть синхронизированы локально. Некоторые из облачных хранилищ не имеют синхронизации.

Представленная классификация позволяет систематизировать облачные хранилища по ключевым параметрам для выбора решения.

На рынке существует множество облачных хранилищ, представляющих пользователям различные услуги. Эти решения отличаются по функционалу и ценам, что позволяет выбрать оптимальный вариант под конкретные задачи [4].

Таблица 1

Сравнение популярных облачных хранилищ

Сервис	Объём	Цена	Особенности
Яндекс 360	Бесплатные 5 ГБ, возможность расширения до 3 ТБ	От 180 руб. в месяц за 200 ГБ	Можно загружать информацию весом до 50 ГБ; Фотографии и видеоролики с мобильного устройства гружаются автоматически
Google Диск	Бесплатные 15 ГБ, возможность расширения до 2 ТБ	От 139 руб. в месяц за 100 ГБ	Можно настроить доступ для внешних пользователей по ссылке; Синхронизация с другими инструментами Google
iCloud	Бесплатные 5 ГБ, возможность расширения до 2 ТБ	От 59 руб. в месяц за 50 ГБ	Интеграция с экосистемой Apple; Есть автоматическое распределение по папкам
OneDrive	Бесплатные 5 ГБ	От 800 руб. в месяц за 100 ГБ	Присутствует опция архивирования; Интеграция с Microsoft Office и устройствами Windows
Dropbox	Бесплатные 2 ГБ, возможность расширения до 2 ТБ	От \$9,99 в месяц за 2 ТБ	Отлично развитая интеграция с различными инструментами для командной работы; Высокий уровень защиты данных; Можно загружать файлы весом до 250 ГБ

Проведенный анализ показывает существенные различия между популярными облачными сервисами в отношении предоставляемых ресурсов и функциональных возможностей.

Облачные хранилища предлагают пользователям целый ряд важных преимуществ, но также имеют и некоторые ограничения. Правильный выбор решения зависит от конкретных задач и требований к безопасности данных.

К преимуществам можно отнести:

1) Оплату только того объёма данных, который требуется пользователю или организации, что позволяет экономить больше количества финансов.

2) Возможность увеличения максимального объёма хранимых данных без необходимости обновления оборудования самим пользователем.

3) Доступность из любой точки мира и с любого устройства.

4) Резервное копирование информации, что обеспечивает сохранность данных даже в случае неполадок.

Однако, также существуют и недостатки, к которым относятся:

1) Риски безопасности. Несмотря на усиленные меры предосторожности, случаются ситуации «сливов» данных из облачных хранилищ, поэтому важную информацию стоит хранить локально, либо на собственном локальном облаке.

2) Так как почти все провайдеры облачных хранилищ работают по подписке, то это является причиной постоянных затрат, которые могут быть колоссальными при хранении больших объёмов данных.

3) Чаще всего переход из одного облачного хранилища в другое облачное хранилище затруднителен, так как провайдеры чаще всего не располагают инструментами переноса данных в другие хранилища в связи с политикой организаций.

4) Большая часть облачных сервисов имеет лимиты на объём единовременно загружаемых данных, что может стать большой проблемой. Кроме того, большие объёмы данных крайне трудно скачать или загрузить при медленной скорости подключения.

Выявленные преимущества и недостатки облачных хранилищ определяют сферы их эффективного применения и потенциальные ограничения.

Проведенное исследование позволило систематизировать информацию о функциональных возможностях облачных хранилищ и выявить их ключевые характеристики. Анализ показал, что современные облачные решения предлагают разнообразные модели обслуживания, однако имеют определенные ограничения. Полученные результаты могут быть использованы для разработки рекомендаций по выбору оптимального облачного хранилища в зависимости от конкретных задач пользователя.

Литература

1. Что такое облачное хранилище данных и как оно работает? — Текст: электронный // Яндекс 360: [сайт]. — URL: <https://360.yandex.com/blog/articles/oblastnoe-hranilishe-dannyh-chtoeto-takoe-i-kak-rabotaet> (дата обращения: 01.10.2025).

2. Облачные вычисления. — Текст: электронный // Википедия: [сайт]. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Облачные_вычисления (дата обращения: 01.10.2025).

3. Облачное хранилище: что это такое и как его выбрать. — Текст: электронный // Яндекс Практикум: [сайт]. — URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/oblastnoe-hranilishe-dannyh/> (дата

обращения: 01.10.2025).

4. Лучшие облачные хранилища для бизнеса: купить или выбрать бесплатный. — Текст: электронный // РБК: [сайт]. — URL: <https://www.rbc.ru/industries/news/668d40f19a7947342845bccf> (дата обращения: 01.10.2025).

5. Облако Mail.ru. — Текст: электронный // Облако Mail.ru: [сайт]. — URL: <https://cloud.mail.ru/home/> (дата обращения: 01.10.2025).

6. Виштак Н.М Облачные технологии в учебной деятельности студентов. / Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции: Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий. – Балаково. – 2022. – С. 215–219

7. Забродин М.Д., Виштак Н.М. Облачные технологии в образовании. / Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции: Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании. – Балаково. – 2022. – С. 230-235.

8. Рябенков Р.А., Михеев И.В. Облачные вычисления. / Сборник трудов III Международной научно-практической конференции: Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании. Сборник. Балаково, 2021. С. 293–297.

УДК 004.4

Инструментарий создания TTS-приложений

Забродин Максим Дмитриевич, магистрант направления
«Информационные системы и технологии»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

В статье рассмотрены различные инструменты для создания TTS-приложений, такие как Google Text-to-Speech, Amazon Polly, Microsoft Azure Cognitive Services, IBM Watson Text to Speech, а также open-source решения, включая eSpeak и MaryTTS. Оценка этих инструментов включает в себя такие параметры, как качество синтеза речи, поддержка языков и акцентов, возможности персонализации и простота интеграции. Для выбора подходящего инструмента важно учитывать специфические потребности проекта, включая бюджет, технические требования и ожидаемое качество синтезированной речи.

Технология синтеза речи (TTS), когда-то доступная только узкому кругу специалистов и энтузиастов, сегодня становится доступной широкой аудитории, превращаясь в мощный инструмент для расширения аудитории и влияния. Для активистов и независимых СМИ она открывает новые возможности для более эффективного распространения информации, преодоления языковых барьеров и создания инклюзивной информационной среды [1, 2, 3 и др.].

Одним из главных преимуществ TTS для активистов является возможность быстрого создания аудиоверсий текстов, таких как статьи и инструкции. Это особенно важно для людей с нарушениями зрения или тех, кто предпочитает воспринимать информацию через аудио. TTS

также способствует преодолению языковых барьеров. Например, технологии вроде Voice Engine от OpenAI позволяют переводить и озвучивать контент на разных языках, сохраняя интонацию и акцент оригинального говорящего.

Множество компаний активно используют TTS для улучшения взаимодействия с клиентами и расширения сервисных возможностей. Например, образовательная платформа Age of Learning применяет TTS для создания персонализированных аудиоуроков, которые помогают детям с особыми потребностями или тем, кто учится читать. Такие уроки становятся более доступными и интерактивными.

В медицине TTS применяется для восстановления речи у пациентов. Например, Институт нейронаук Нормана Принца в Лайфспане использует эту технологию для помощи пациентам с онкологическими и неврологическими нарушениями речи. В одном из случаев удалось восстановить голос пациентки, потерявшей речь из-за опухоли мозга, используя лишь небольшой аудиофайл из её школьного видеопроекта.

Технология TTS имеет огромный потенциал и в развлекательной индустрии. Создатели подкастов и аудиокниг могут использовать её для озвучивания контента с различными голосами, создавая более живой и захватывающий опыт для слушателей. Новостные агентства могут быстро конвертировать текстовые материалы в аудиоформат, делая информацию доступной для пользователей на ходу.

Кроме того, TTS может значительно повысить личную продуктивность активистов. Например, используя инструменты вроде Read Aloud, они могут прослушивать длинные тексты, отчёты или новости, не отвлекаясь от других задач. Это позволяет более эффективно использовать время и усваивать больше информации.

Основные преимущества использования TTS-технологий включают в себя улучшение доступности информации, удобство использования, а также возможность персонализации пользовательского опыта. Для людей с ограниченными возможностями, особенно с нарушениями зрения, TTS становится незаменимым инструментом, позволяя им получать доступ к информации и общаться с цифровыми устройствами [1, 2 и др.]. Кроме того, TTS позволяет пользователям настраивать скорость воспроизведения, выбирать различные акценты или даже создавать кастомизированные голоса для специфических приложений, что делает взаимодействие с технологией более комфортным и индивидуализированным.

При выборе инструмента для создания TTS-приложения важно учитывать несколько ключевых характеристик, которые напрямую влияют на качество и функциональность конечного продукта. Эти характеристики включают качество синтезированного голоса, поддержку различных языков и акцентов, возможности настройки и персонализации, а также простоту интеграции и использования.

Качество синтезированного голоса является одним из самых важных факторов при выборе

TTS-инструмента. Современные технологии позволяют создавать голоса, которые звучат почти так же, как человеческие, с правильной интонацией, ритмом и паузами. Некоторые инструменты предлагают дополнительные возможности, такие как настройка эмоций в голосе, что делает синтезированную речь более выразительной и естественной.

Поддержка различных языков и акцентов также играет важную роль, особенно для приложений, ориентированных на международную аудиторию. Некоторые TTS-инструменты предлагают широкий выбор языков и акцентов, что позволяет создавать более персонализированные и локализованные решения. Это особенно важно для компаний, работающих на глобальных рынках.

Возможности настройки и персонализации включают в себя регулировку скорости воспроизведения, изменение высоты тона и добавление различных эффектов. Эти функции позволяют пользователям адаптировать синтезированную речь под свои предпочтения, делая взаимодействие с приложением более комфортным. Например, пользователь может выбрать медленное или быстрое воспроизведение, в зависимости от своих потребностей.

Простота интеграции и использования инструмента также является важным аспектом. Хороший TTS-инструмент должен предлагать простой и понятный интерфейс для разработчиков, а также иметь подробную документацию и примеры кода. Это позволяет сократить время и усилия, необходимые для интеграции TTS-функций в приложение, и ускоряет процесс разработки.

Google Text-to-Speech – это мощный инструмент, который предлагает высококачественное синтезирование речи и широкий выбор языков и акцентов. Он легко интегрируется с другими продуктами Google и предоставляет удобный интерфейс для разработчиков. Основные преимущества этого инструмента включают его надежность, масштабируемость и доступность.

Amazon Polly – это облачный сервис от Amazon Web Services, который преобразует текст в реалистичную речь. Polly поддерживает множество языков и предлагает возможность настройки голоса, включая изменение высоты тона и скорости воспроизведения. Одной из уникальных функций Amazon Polly является возможность создания пользовательских голосов с помощью нейросетей.

Microsoft Azure Cognitive Services предоставляет широкий спектр инструментов для разработки интеллектуальных приложений, включая Text-to-Speech. Эта платформа предлагает естественные голоса высокого качества, поддержку множества языков и акцентов, а также возможности для настройки и персонализации. Azure Cognitive Services интегрируется с другими сервисами Microsoft, что делает его удобным выбором для разработчиков, работающих в экосистеме Microsoft.

IBM Watson Text to Speech – это еще один мощный инструмент для синтеза речи, который использует искусственный интеллект для создания естественных голосов. Watson предлагает поддержку нескольких языков, возможность настройки интонации и ритма, а также интеграцию с другими сервисами IBM. Этот инструмент особенно популярен среди предприятий, которые ищут

надежное и масштабируемое решение для синтеза речи.

Speechki – это сервис синтеза речи, ориентированный на создание аудиоконтента, особенно аудиокниг, с высоким качеством голосов и поддержкой множества языков. Он предлагает персонализацию параметров голоса и удобную интеграцию через API, что делает его подходящим для международных проектов.

Speechify – это сервис Text-to-Speech, который преобразует текст в аудио, улучшая доступность информации и продуктивность пользователей. Он предлагает широкий выбор естественных голосов с различными акцентами и поддержкой множества языков, что делает его удобным для международной аудитории. Пользователи могут персонализировать опыт, регулируя скорость воспроизведения и выбирая предпочтаемые голоса. Speechify доступен через мобильные приложения и веб-интерфейс, что позволяет легко слушать тексты в любом месте и в любое время.

Yandex SpeechKit – это сервис для синтеза и распознавания речи, разработанный компанией Яндекс. Он предоставляет высокое качество синтезированной речи с естественным звучанием и корректной интонацией. Особое внимание уделено поддержке русского языка, включая различные акценты и диалекты, что делает сервис особенно привлекательным для русскоязычных пользователей.

Сервис поддерживает множество языков и предоставляет гибкие возможности для персонализации голосов. Пользователи могут настраивать скорость и интонацию синтезированной речи, что позволяет адаптировать звучание под конкретные нужды. Yandex SpeechKit легко интегрируется в приложения и сервисы, что упрощает процесс разработки голосовых интерфейсов, таких как голосовые помощники, системы навигации и колл-центры.

Open-source решения для синтеза речи предоставляют разработчикам доступ к исходному коду, что позволяет настраивать и модифицировать инструменты в соответствии с конкретными требованиями. Рассмотрим подробнее два популярных open-source инструмента: eSpeak и MaryTTS.

eSpeak – это компактный и портативный синтезатор речи, который поддерживает множество языков. Хотя качество синтезированного голоса может уступать коммерческим решениям, eSpeak отличается высокой скоростью работы и низкими системными требованиями. Он идеально подходит для встраиваемых систем и приложений с ограниченными ресурсами. eSpeak также поддерживает различные параметры настройки, такие как скорость речи, высота тона и акцент.

MaryTTS – это универсальный и мощный инструмент для синтеза речи, который предоставляет разработчикам широкий спектр возможностей. MaryTTS поддерживает множество языков и акцентов, а также позволяет создавать пользовательские голосовые модели. Этот инструмент активно развивается сообществом и предлагает расширенные функции, такие как настройка интонации и ритма речи, поддержка различных форматов ввода текста и возможность

интеграции с другими системами.

Каждый из рассмотренных инструментов предлагает пользователю различный объем и качество предоставляемых услуг на основании чего была составлена демонстрационная таблица анализа приведенных инструментов для создания приложения синтеза голоса (см. таблица 1).

Таблица 1

Анализ инструментов создания TTS-приложений

Инструмент	Качество синтеза речи	Поддержка языков и акцентов	Персонализация голосов	Интеграция и простота использования	Преимущества	Недостатки
Google Text-to-Speech	Высокое	Множество языков и акцентов	Ограниченнная настройка	Легкая интеграция с продуктами Google	Масштабируемость и надежность	Ограниченнная кастомизация
Amazon Polly	Очень высокое	Множество языков и акцентов	Широкая настройка	Простая интеграция с AWS	Реалистичные голоса, создание пользовательских голосов	Высокая стоимость использования
Microsoft Azure Cognitive Services	Очень высокое	Множество языков и акцентов	Широкая настройка	Отличная интеграция с сервисами Microsoft	Высокое качество синтеза, возможности кастомизации	Высокие требования к ресурсам
IBM Watson Text to Speech	Очень высокое	Множество языков и акцентов	Широкая настройка	Интеграция с IBM-сервисами	Надежность, масштабируемость	Сложность в настройке и интеграции
eSpeak	Умеренное	Множество языков	Базовая настройка	Простота использования и внедрения	Легковесность, скорость работы	Качество речи уступает коммерческим решениям
MaryTTS	Хорошее	Множество языков и акцентов	Мощная настройка	Требует более сложной интеграции	Возможности для создания пользовательских голосов	Высокие системные требования
Speechki	Высокое	Множество языков	Широкая настройка	Простая интеграция через API	Натуральное звучание, удобство для аудиоконтента	Ограниченнная направленность на аудиокниги
Speechify	Высокое	Множество языков и акцентов	Широкая настройка	Удобное приложение и веб-интерфейс	Доступность, улучшение продуктивности	Ограниченнная функциональность для профессионального использования
Yandex SpeechKit	Высокое	Множество языков и акцентов	Широкая настройка	Простая интеграция с сервисами Яндекса	Натуральное звучание, поддержка русского языка и диалектов	Ограниченнная поддержка для других языков

На основании представленного анализа можно выделить несколько ключевых факторов, которые определяют выбор лучшего сервиса Text-to-Speech: качество синтезированной речи, поддержка языков и акцентов, возможности персонализации голосов, а также простота интеграции и использования. Среди всех рассмотренных инструментов Amazon Polly и Microsoft Azure Cognitive Services выделяются благодаря очень высокому качеству синтезированной речи и широким возможностям настройки.

Amazon Polly предоставляет реалистичные голоса с возможностью создания

пользовательских голосов, что делает его отличным выбором для приложений, требующих высокой персонализации. Однако его использование может быть дорогостоящим, особенно для больших объемов данных.

Microsoft Azure Cognitive Services также предлагает высококачественный синтез речи и отличную интеграцию с экосистемой Microsoft, что делает его удобным для разработчиков, уже использующих другие продукты Microsoft. Тем не менее, сервис предъявляет высокие требования к ресурсам, что может быть ограничением для некоторых пользователей.

Учитывая сочетание высокого качества синтезированной речи, широкой поддержки языков и акцентов, а также возможностей персонализации, Microsoft Azure Cognitive Services можно считать лучшим выбором для широкого спектра приложений. Он предоставляет баланс между функциональностью, качеством и возможностями интеграции, что делает его универсальным решением для многих пользователей.

Для разработчиков, работающих с ограниченными ресурсами, eSpeak и MaryTTS могут быть достойными open-source альтернативами, особенно если важна легковесность и возможность модификации исходного кода. Они предлагают базовые, но функциональные решения для синтеза речи, подходящие для встраиваемых систем и небольших проектов. Однако их качество синтеза речи уступает коммерческим продуктам, что может быть ограничением для более требовательных приложений.

Text-to-Speech технологии играют важную роль в улучшении доступности информации, предлагая пользователям альтернативные способы восприятия текстовых данных. В рамках анализа популярных TTS-инструментов выделяются платформы, такие как Amazon Polly и Microsoft Azure Cognitive Services, которые обеспечивают высокое качество синтеза речи и возможности для глубокой персонализации голосов. Эти решения подходят для крупных проектов с высокими требованиями к качеству и функциональности. Для малых предприятий и проектов с ограниченным бюджетом могут быть подходящими решения, такие как Google Text-to-Speech, а для разработчиков с ограниченными ресурсами – open-source инструменты, такие как eSpeak и MaryTTS. В любом случае, выбор подходящего инструмента зависит от конкретных нужд проекта и доступных ресурсов.

Литература

1. Забродин М.Д., Виштак Н.М. Синтез речи: методы, подходы и современные тенденции. // В сборнике научных трудов Информационно-ресурсное обеспечение образовательного процесса в средней и высшей школе: проблемы и перспективы. – Саратов. – 2025. - С. 155-158.
2. Сила Голоса. Как превратить текст в речь. // Типлица социальных технологий. – URL: <https://te-st.org/2024/09/09/text-to-speech/> (дата обращения: 29.12.2024)
3. Что такое технология TTS, как устроена и каких сферах используется синтез речи // Habr. – URL: <https://habr.com/ru/companies/skillfactory/articles/850118/> (дата обращения: 29.12.2024)

Особенности проектирования конструктора игр для обучения детей

Пилипенко Илья Игоревич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Мотков Александр Геннадьевич, старший преподаватель кафедры

«Информационные системы и технологии»;

Щеголев Сергей Сергеевич, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В данной статье рассматриваются особенности и принципы, которыми следует руководствоваться при разработке конструктора игр для обучения детей. Осуществлено выявление факторов, связанных с возрастными особенностями детей, интерфейсом, игровыми механиками, техническими аспектами.

Цифровая трансформация образования предъявляет новые требования к разработке педагогических инструментов. Игровые конструкторы, как подкласс образовательных технологий, представляют собой мощный ресурс для формирования у детей широкого спектра компетенций – от базовых когнитивных навыков до основ программирования и критического мышления. Проектирование таких систем требует глубокого понимания психологии ребенка, дидактических основ и особенностей разработки игровых интерфейсов [1, 2, 4, 5].

При разработке конструктора игр основополагающим параметром является возраст пользователей. Можно выделить несколько групп:

- младший дошкольный возраст (3-5 лет). Характеризуется развитием сенсомоторных навыков, начальным формированием понятий о цвете, форме, размере, количестве. Когнитивные процессы находятся на стадии формирования.
- старший дошкольный возраст (5-7 лет). Активно развиваются логическое мышление, память, внимание, речь. Появляется интерес к причинно-следственным связям и простым правилам.
- младший и средний школьный возраст (от 7 лет). Формируется абстрактное мышление, способность к анализу и синтезу. Дети способны к более длительной концентрации внимания и освоению комплексных правил.

Каждая отдельная группа обладает отличительными характеристиками и ключевыми аспектами, на которые стоит обратить внимание. В частности, в рамках игрового конструктора необходимо использование яркой, но не отвлекающей цветовой палитры. Четкое визуальное разделение элементов, легко читаемые шрифты. Всплывающие и статичные экранные подсказки, указывающие на интерактивность.

В свою очередь, управление должно быть естественным для целевой возрастной группы. Для младшего и среднего дошкольного возраста – прямое манипулирование объектами. Для младшего и среднего школьного – более структурированные, но по-прежнему логичные элементы управления. Примером такого подхода может служить блочное кодирование. Каждый пользовательский ввод должен сопровождаться немедленной и понятной обратной связью. Успешные действия должны поощряться (звук, анимация, очки), а ошибки – предоставлять конструктивные подсказки, а не просто блокировать действие [1, 2, 3].

При этом важно избегать перегруженности интерфейса информацией. Все элементы должны быть функционально оправданы и не включать избыточной информации. Введение новых концепций и механик должно происходить поэтапно, начиная с самых простых и постепенно увеличивая сложность. Среда конструктора должна быть безопасной для экспериментов, а ошибки должны восприниматься ребенком как часть процесса обучения, а не как провал.

На основании вышесказанного можно сформулировать требования к конструктору игр, учитывающие особенности возрастных групп и функциональные особенности.

Для младшего дошкольного возраста необходима максимальная простота интерфейса, крупные интерактивные элементы, интуитивно понятное управление (drag-and-drop), немедленная визуальная и звуковая обратная связь, отсутствие текстовой информации или ее минимальное использование. Обучающий контент должен быть сфокусирован на сенсорном опыте и базовой идентификации объектов.

Для старшего дошкольного возраста должна быть реализована возможность введения более сложных игровых правил, элементов последовательного выполнения действий, головоломок, требующих применения логики. Интерфейс может быть более детализированным, но сохранять ясность. Обучение может касаться счета, чтения, основ логических операций.

В свою очередь для младшего и среднего школьного возраста должны быть реализованы инструменты для создания более сложных сценариев, включая введение переменных, условных операторов (if/else), циклов. Возможность комбинирования различных игровых механик, создание собственных сюжетов. Фокус на развитии критического мышления, решении задач, основах алгоритмизации и программирования.

Сформулированные требования позволяют определиться с технологией и инструментами реализации программного продукта, значительно сокращая время на осуществление концептуального проектирования приложения.

Литература

1. Корнилов Ю.В., Левин И.П. Геймификация и веб-квесты: разработка и применение в образовательном процессе // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. С. 268-277.
2. Сенотрусова, А.М. Конструктор интерактивных художественных игр на основе веб-технологий / А.М. Сенотрусова, М.А. Нейкина, А.Е. Будаев // Коммуникационные технологии:

социально-экономические и информационные аспекты : Материалы всероссийской молодежной научно-практической конференции, Иркутск, 10–20 апреля 2021 года. – Иркутск: Общество с ограниченной ответственностью «ЦентрНаучСервис», 2021. – С. 45-48.

3. Смирнова, В.С. Проектирование детского игрового конструктора с применением технологий дизайн-мышления / В.С. Смирнова, Е.А. Пархоменко, Ю.А. Костюкова // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : Материалы Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х частях, Кострома, 20 марта 2020 года / Составитель Т.В. Лебедева, отв. редактор Н.Н. Муравская. Том Часть 1. – Кострома: Костромской государственный университет, 2020. – С. 79-81.

4. Ткаченко В.А. О выборе конструкторов игр для использования в программах дополнительного образования детей. // Вестник Нижневартовского государственного гуманитарного университета. 2011. № 3. С. 69-74.

5. Чернов, Н.А. Анализ сред разработки видеоигр и вспомогательного программного обеспечения для использования при обучении информатике в школе / Н.А. Чернов // Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе: материалы международной научно-практической интернет-конференции, Москва, 19–25 апреля 2021 года. – Москва: Московский педагогический государственный университет, 2021. – С. 286-295.

УДК 004.4

Создание информационного ресурса образовательной организации

Подошвин Владислав Сергеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Ефремов Роман Валерьевич, начальник отдела

информационно-телекоммуникационных технологий

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье рассматривается процесс разработки информационного сайта Балаковского медицинского колледжа на платформе WordPress. Описаны цели создания ресурса, особенности проектирования структуры и интерфейса, а также используемые технологии и плагины.

В эпоху повсеместного использования интернета веб-сайты стали неотъемлемой частью имиджа любой организации. Для образовательных учреждений сайт выполняет целый комплекс функций: информирует абитуриентов, помогает студентам в обучении, служит площадкой для публикаций сотрудников. Отсутствие современного сайта воспринимается как показатель технологической отсталости и снижает доверие пользователей [1].

Современный образовательный сайт должен обладать адаптивным дизайном, удобной

навигацией, безопасными формами обратной связи и соответствовать требованиям доступности. Целью данной работы является создание информационного сайта Балаковского медицинского колледжа, отвечающего потребностям различных категорий пользователей.

Перед разработкой был проведён анализ целевой аудитории, включающей четыре основные группы пользователей:

1. Абитуриенты — интересуются условиями поступления, специальностями, сроками приёма документов. Основное устройство доступа — мобильный телефон.

2. Студенты — используют сайт для получения актуальной информации о расписании, экзаменах, практике. Основное устройство доступа —мобильный телефон.

3. Родители — ищут сведения об условиях обучения, преподавателях, жизни колледжа. Основное устройство доступа — также мобильный телефон.

4. Сотрудники — используют сайт для публикации материалов и новостей, чаще работают с настольных компьютеров.

Учитывая, что большинство пользователей заходят с мобильных устройств, особое внимание было уделено адаптивности и простоте навигации.

Старый сайт колледжа имел ряд критических недостатков:

- устаревшая версия WordPress (4.9) и PHP, что создавало угрозу безопасности;
- неудачное вертикальное меню, смещающееся при наведении, что ухудшало UX;
- неадаптивный дизайн, сложность обновления контента.

Эти факторы определили необходимость создания нового ресурса с современной архитектурой, улучшенной навигацией и актуальной технической базой.

Рассматривались три варианта реализации:

1. Разработка с нуля — наименее рациональный подход из-за высокой трудоёмкости.
2. Использование фреймворка (например, Node.js, React, Express) — технологически современное, но избыточное решение для задач колледжа.
3. Использование CMS — оптимальный вариант при ограниченных ресурсах и необходимости простого администрирования.

Наиболее подходящей системой управления контентом признан WordPress, который занимает доминирующее положение на рынке (более 40% всех сайтов) [2, 3]. Преимущества WordPress: простота установки, локализованный интерфейс, преемственность (предыдущий сайт также создан на WordPress), наличие множества плагинов и тем, а также широкая поддержка сообществом.

Разработка велась с использованием LocalWP — программы для локального развёртывания сайтов на WordPress. Среда позволяет работать без хостинга, тестировать изменения и публиковать сайт локально через функцию Live Link. Это удобно для демонстрации промежуточных результатов и согласования дизайна.

LocalWP обеспечивает простую установку, встроенный серверный стек (Nginx, PHP,

MySQL), высокую скорость работы и лёгкий экспорт готового проекта на хостинг.

Перед созданием страниц были произведены базовые настройки:

- отключены комментарии и регистрация пользователей;
- установлен русский язык и часовой пояс UTC+4;
- добавлен favicon с логотипом колледжа;
- настроена статическая главная страница.

В качестве темы выбрана Astra — адаптивная, быстрая и универсальная. Цветовая схема изменена в соответствии с корпоративными цветами (синий и белый), логотип интегрирован в заголовок, создано горизонтальное меню с подменю и адаптацией под мобильные устройства. В подвал добавлены контакты и ссылки на партнёров.

Для наполнения использовался конструктор Gutenberg, основанный на React. Он позволяет гибко выстраивать макеты с помощью блоков («абзац», «заголовок», «изображение», «файл», «HTML» и др.) и паттернов, что обеспечивает адаптивность и единообразие оформления. Gutenberg изначально основывается на концепции гибкого макета. Все контейнеры являются либо flex (блоки «строка», «группа», «друг под другом»), либо grid (блок «сетка»), что положительно сказывается на адаптивности.

На основе анализа целевой аудитории была разработана структура сайта.

Главная страница сайта построена по принципу лаконичного и одновременно информативного приветственного экрана, обеспечивающего быстрый доступ к ключевой информации. На ней находятся:

- блок-герой: содержит крупное изображение учебного заведения, а также название колледжа. Этот блок формирует первое визуальное впечатление и выполняет роль «лицевой обложки» ресурса;
- блок новостей: автоматически отображает три последние записи из новостной ленты. Каждая новость оформлена с заголовком, кратким текстом и кнопкой для перехода на полную версию.
- блок со специальностями: перечислены основные направления подготовки, реализуемые в колледже, с переходами на подробные страницы по каждой специальности;
- интерактивная карта от «Яндекс Карт»: предоставляет точное географическое расположение колледжа, а также доступ к навигации и маршрутам;
- контактный блок: содержит телефоны, адрес, электронную почту, а также иконки социальных сетей с активными ссылками.

Раздел «О колледже» содержит общие сведения, направления образования, историю колледжа, данные о руководстве и структуре организации, нормативные документы.

Раздел «Абитуриенту» содержит информацию о приёмной комиссии: режим работы, список необходимых документов, включая внутренние, которые можно загрузить непосредственно с сайта, важную информацию о процессе приёма, продублирована ссылка на карту.

Раздел «Студенту» содержит страницы с информацией о расписании, учреждениях, в

которых можно пройти практическую подготовку, трудоустройстве.

Раздел «Образование» предназначен для оставшейся информации, не подходящей другим разделам. Здесь находится информация о кредитовании, дистанционном обучении, медицинском классе. Также сюда вынесена страница обратной связи, на которой указаны контакты для связи и имеется форма, позволяющая отправить своё сообщение через сайт.

Раздел «Сотруднику» — материалы для преподавателей и организационные документы.

Страница новостей — по умолчанию WordPress рекомендует создавать отдельную статическую страницу для вывода всех новостей. Это обусловлено тем, что главная страница отображает только ограниченное количество записей, при большом потоке новостей доступ к старым публикациям становится затруднённым [4].

На рисунке 1 представлена главная страница сайта.

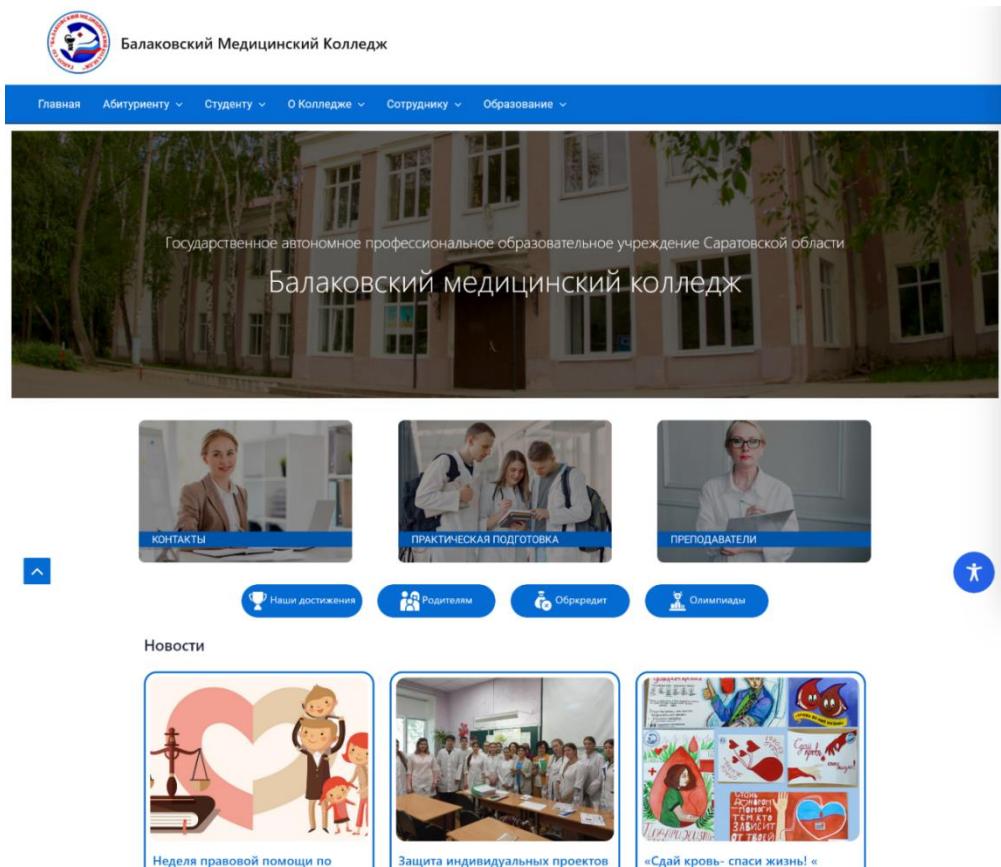


Рис. 1. Главная страница

Для расширения функциональности установлены плагины:

1. Forminator — формы обратной связи;
2. Survey Maker — опросы студентов;
3. SVG Support — поддержка векторных логотипов;
4. Child Theme Configurator — создание дочерней темы для безопасной настройки;
5. WordPress Importer — импорт контента;
6. WP Fastest Cache — кеширование и минификация файлов для ускорения загрузки;
7. Accessibility Widget by OneTap — панель доступности (увеличение шрифта, инверсия,

отключение анимаций);

8. Really Simple Security — SSL и защита от уязвимостей.

WordPress предоставляет возможности масштабирования: подключение личных кабинетов, интеграция систем дистанционного обучения (LMS), расширение базы данных преподавателей и студентов.

В результате разработки создан современный информационный сайт Балаковского медицинского колледжа, отвечающий требованиям адаптивности, безопасности и удобства. Использование WordPress позволило реализовать проект в сжатые сроки при минимальных затратах, сохранив при этом функциональность и возможности дальнейшего развития.

Литература

1. Жаркова О.Р., Белая Т.И. Анализ современных тенденций web-дизайна для повышения конкурентоспособности информационных ресурсов учреждений высшего образования // О.Р. Жаркова., Т.И. Белая. – Текст: электронный // КиберЛенинка: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennoy-tendentsiy-web-dizayna-dlya-povysheniya-konkurentosposobnosti-informatsionnyh-resursov-uchrezhdeniy-vysshego> (дата обращения: 12.10.2025).
2. Что такое WordPress: о программе и работе с ней. – Текст: электронный // The Code Media: [сайт]. – URL: <https://thecode.media/what-is-wordpress/> (дата обращения: 12.10.2025).
3. Гриценко, Е.М. Разработка новостного сайта с использованием wordpress / Е.М. Гриценко, Т.В. Доронина, Е.И. Тришкина // Заметки ученого. – 2021. – № 10. – С. 52-56.
4. WordPress страницы и записи: в чём разница. – Текст: электронный // WordPressLab.ru: [сайт]. – URL: <https://wordpresslab.ru/instrukcii/wordpress-stranicy-i-zapisi/> (дата обращения: 12.10.2025).

УДК 004.04

Цифровые двойники в атомной энергетике

Стародубов Андрей Олегович, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информационные системы и технологии»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье рассматривается концепция цифрового двойника (ЦД) как ключевого элемента цифровой трансформации объектов критической инфраструктуры, в частности, атомных электростанций (АЭС). Анализируются технологические предпосылки его внедрения, методология построения на основе Big Data и математического моделирования, а также ожидаемые эффекты и актуальные проблемы, связанные с его реализацией. Особое внимание уделяется потенциалу ЦД в области оперативного управления и подготовки специалистов.

Цифровой двойник — это цифровая копия физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность бизнеса [1]. Применительно к атомной промышленности ЦД является комплексной физической и операционной моделью АЭС, позволяющей проводить глубокое моделирование и анализ различных сценариев без вмешательства в работу реального объекта, что повышает безопасность и снижает издержки [2].

Хотя концепция ЦД была сформулирована в начале 2000-х годов, ее практическая и экономическая целесообразность стала очевидной лишь в последнее десятилетие. Это связано с развитием технологий сбора и обработки больших данных (Big Data). Современные системы телеметрии позволяют осуществлять объемный сбор данных с многочисленных узлов АЭС. Последующая обработка этих данных с использованием мощных вычислительных кластеров позволяет выявлять сложные системы связей и зависимостей, характерные для нормальных режимов эксплуатации. Эти данные становятся основой для калибровки и верификации цифрового двойника [4, 5].

Основу ЦД составляют детализированные математические модели ключевых узлов и технологических цепочек АЭС, охватывающие полный жизненный цикл — от топливного цикла до утилизации отходов. Эти модели, включая тренажеры систем, постоянно оптимизируются на основе актуальных данных с реальных объектов, что повышает точность прогнозирования и снижает вычислительную нагрузку [2, 3, 6].

Для целей обучения активно применяются технологии виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности, интегрированные с системами автоматизированного проектирования (САПР) [5].

В Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ» был разработан цифровой двойник исследовательского реактора ИРТ-1000. Его основой послужила точная пространственная BIM-модель (Building Information Modeling), созданная в среде Autodesk Revit [5].

Ключевыми преимуществами внедрения цифрового двойника являются несколько взаимосвязанных аспектов. Прежде всего, отмечается значительная оптимизация управления, выражаясь в сокращении временных и финансовых затрат на принятие как управлеченческих, так и эксплуатационных решений. Наряду с этим возникает возможность повышения общей эффективности работы станции за счет точного анализа и оптимизации режимов ее работы и потребления ресурсов. Существенный вклад цифровой двойник вносит в развитие образования: будучи реализованным в форме веб-приложения, он может быть распространен среди профильных вузов в качестве современного и актуального учебного тренажера, что позволяет масштабировать подготовку высококвалифицированных специалистов. Ярким примером является опыт создания двойника реактора ИРТ-1000, который также позволил накопить значительный багаж знаний в области моделирования сложных физических процессов [5].

Что касается перспектив развития, то одной из наиболее значимых является интеграция

цифрового двойника с системами сбора данных в реальном времени для создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений (СППР). Такие системы способны предоставлять персоналу рекомендации по оптимизации рабочих режимов и действиям в нештатных ситуациях, что в перспективе повысит как безопасность, так и экономическую эффективность АЭС, при этом важно подчеркнуть, что финальные решения должны оставаться за человеком-оператором. Другое важное направление развития связано с углубленной визуализацией, а именно с интеграцией полномасштабных ВИМ-моделей с данными лазерного сканирования реальных объектов, что создает высокоточную основу для систем виртуальной и дополненной реальности [5, 6, 7].

Разработка и внедрение цифровых двойников сопряжены с рядом вызовов. Одной из проблем является технологическое наследие: при создании ЦД для действующих объектов, таких как реактор ИРТ-1000, возникает сложность моделирования устаревших, но все еще актуальных по международным стандартам систем управления [5]. В качестве одного из путей решения было предложено реализовать два варианта симуляции соответствующих блоков — исторический, соответствующий реальному оборудованию, и современный, с использованием веб-интерфейсов. Не менее остро стоит проблема кибербезопасности: цифровые двойники, интегрированные в контур управления реальной АЭС, становятся потенциальными целями для кибератак, поэтому для таких систем критически важна разработка и внедрение комплексных мер, обеспечивающих целостность и конфиденциальность как данных, так и самих моделей.

Таким образом, на основе анализа современных исследований можно заключить, что цифровой двойник представляет собой не изолированную модель, а комплексную киберфизическую систему, характеризующуюся многоуровневой архитектурой. Его фундаментальное отличие от традиционных моделей заключается в наличии двунаправленной связи между физическим объектом и его виртуальным представлением, обеспечивающей непрерывную синхронизацию состояний. Существующие типологии подчеркивают эволюционный характер развития цифровых двойников — от диагностических и описательных моделей к прогнозным и прескриптивным системам, способным не только предсказывать поведение объекта, но и рекомендовать оптимальные управляющие воздействия.

Особую значимость технология цифровых двойников приобретает в контексте атомной энергетики, где требования к безопасности и надежности исключительно высоки. Создание цифрового двойника энергоблока АЭС или исследовательского реактора позволяет формировать безопасную среду для моделирования технологических процессов, включая анализ нештатных ситуаций, без вмешательства в работу реального оборудования. Это открывает возможности для виртуальных испытаний, оптимизации топливных циклов и прогнозирования остаточного ресурса критических компонентов, что в конечном итоге способствует повышению экономической эффективности при безусловном обеспечении стандартов безопасности.

Ключевыми вызовами при реализации комплексных цифровых двойников остаются проблемы интеграции гетерогенных данных, верификации физико-математических моделей и их масштабирования для сложных инженерных объектов. Тем не менее, развитие этого направления является стратегическим для цифровой трансформации атомной отрасли. Перспективы связаны с созданием интеллектуальных систем поддержки принятия решений, способных в реальном времени анализировать режимные параметры и предлагать оперативному персоналу рациональные сценарии управления, что соответствует глобальным трендам создания «умных» энергетических объектов с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Литература

1. Долгачев, В.А. Цифровая трансформация компании в условиях стремительного изменения факторов внешней среды / В.А. Долгачев, Г.В. Очкур // Студенческая научная весна – 2022. Сборник тезисов XII Всероссийской научно-практической молодежной конференции. – Волгодонск, 2022. – С. 219–222.
2. Ерошенко, С.А., Хальясмаа, А.И. Технологии цифровых двойников в энергетике [Электронный ресурс]. – URL: https://fondsmena.ru/media/EGM_publicationfiles_Article/Технологии_цифровых_двойников_в_энергетике._Ерошенко_С.А._Хальясмаа_А.И..pdf (дата обращения: 13.09.2025).
3. Боровков, А.И., Рябов, Ю.А., Гамзикова, А.А. Типологизация цифровых двойников (Digital Twins) // Кластеризация цифровой экономики: Глобальные вызовы: сб. тр. нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 18-20 июня 2020 года / ред. Д.Г. Родионова, А.В. Бабкина. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – Т. 2. – С. 473–482.
4. Жарко, Е.Ф. Цифровой двойник технологического процесса энергоблока АЭС [Электронный ресурс] // – URL: <https://mlsd2022.ipu.ru/proceedings/1053.pdf> (дата обращения: 13.09.2025).
5. Жабицкий, М.Г., Ожерельев, С.А., Тихомиров, Г.В. Концепция комплексного цифрового двойника сложного инженерного объекта на примере исследовательского реактора НИЯУ МИФИ [Электронный ресурс] // CyberLeninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-kompleksnogo-tsifrovogo-dvoynika-slozhnogo-inzhenernogo-obekta-na-primere-issledovatelskogo-reaktora-niyau-mifi/viewer> (дата обращения: 15.09.2025).
6. Mengyan, H., Xueyan, Z., Cuiting, P., Yixuan, Z., Jun, Y. Current status of digital twin architecture and application in nuclear energy field // Energy Reports. – 2024. – Vol. 12. – P. 2132-2148. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.07.019>.
7. Применение цифрового двойника в системе поддержки принятия решений интегрированной компании атомной промышленности [Электронный ресурс] // CyberLeninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tsifrovogo-dvoynika-v-sisteme-podderzhki-prinyatiya-resheniy-integrirovannoy-kompanii-atomnoy-promyshlennosti/viewer> (дата обращения: 13.09.2025).

Искусственный интеллект как средство оптимизации деятельности

сотрудников предприятий атомной отрасли

Ярощук Никита Сергеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Очкур Галина Викторовна, кандидат технических наук,

заведующий кафедрой «Информационные системы и технологии»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

Статья посвящена применению нейронных сетей и искусственного интеллекта в атомной отрасли. Рассматриваются три функции искусственного интеллекта: распознавание данных (видеоанализ, дефектоскопия), прогнозирование аномалий для предиктивного обслуживания и поддержка принятия решений. Отдельно представлены возможности использования больших языковых моделей для эффективного управления документацией и анализа текстовых массивов.

Современная атомная отрасль характеризуется сложностью технологических процессов и колоссальными объемами генерируемых данных, поступающих с тысяч датчиков, систем видеонаблюдения и в виде текстовой документации. Человеческий фактор, ограниченный возможностями по обработке больших данных (Big Data), становится «узким местом» в обеспечении оперативности и безошибочности принимаемых решений. В этом контексте технологии искусственного интеллекта, а именно нейронные сети, представляют собой перспективный инструмент для создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений сотрудниками предприятий.

Исследования в данной области [1] показывают, что применение нейронных сетей для обработки данных, включая анализ состояния АЭС в реальном времени, а также использование машинного обучения для исследования сложных систем, позволяет ускорить обработку информации, сделать процессы управления более эффективными и, таким образом, существенно увеличить надёжность функционирования станции.

Нейросети, обладая способностью к самообучению на ретроспективных данных, обладают тремя фундаментальными функциями, которые находят прямое применение в решении задач атомной отрасли.

Одной из функциональных возможностей нейросетей, находящей прямое применение в атомной отрасли, является распознавание и классификация данных для обеспечения безопасности объектов промышленности. Данная способность позволяет осуществлять анализ информации в различных форматах: визуальные данные с камер, показания датчиков, текстовые отчеты, и выявлять отклонения от нормативных параметров. На практике это реализуется в таких задачах,

как контроль физической защиты, где нейросети, анализируя видеопоток в реальном времени, идентифицируют нестандартное поведение объектов или несанкционированное проникновение злоумышленников, тем самым минимизируя риски, связанные с человеческой невнимательностью. Кроме того, мониторинг радиационной обстановки с помощью анализа данных с дозиметрических датчиков позволяет мгновенно выявлять аномальные изменения уровня радиации и инициировать оповещение персонала.

Следующей возможностью нейронных сетей является прогнозирование и обнаружение аномалий в работе оборудования. Анализируя исторические данные, нейросети выявляют скрытые закономерности и с высокой точностью предсказывают потенциальные отказы оборудования до их фактического проявления. Практическое применение включает мониторинг состояния реактора, при котором непрерывный анализ данных с тысяч датчиков позволяет детектировать аномалии в поведении реакторной установки и генерировать сигналы предупреждения до перехода ситуации в критическую фазу. Это обеспечивает переход к предиктивному обслуживанию (Predictive Maintenance), позволяя отойти от планово-предупредительных ремонтов в сторону обслуживания по фактическому состоянию.

В рамках перехода к обслуживанию по фактическому состоянию активно применяется концепция цифровых двойников (Digital Twins) [2]. Виртуальные модели оборудования, систем или даже целых реакторных установок, построенные на базе нейросетей, позволяют в режиме реального времени моделировать их поведение, проверять гипотетические сценарии нагрузок, неисправностей и влияния внешних факторов. Такой подход дает возможность находить оптимальные режимы эксплуатации, тестировать новые технические решения и предотвращать сбои, предсказанные искусственным интеллектом (ИИ), без какого-либо риска для реального физического объекта. Цифровые двойники служат мостом между данными, обрабатываемыми нейросетями, и конкретными управленческими решениями.

Наконец, автоматизация и поддержка принятия решений для управления процессами и документацией реализуется через способность нейросетей структурировать и фильтровать информационные потоки, выделяя наиболее релевантную информацию и формируя конкретные рекомендации для специалистов. На практике это находит применение в работе с документацией, где для обработки массивов нормативной, технической и отчетной документации эффективно используются большие языковые модели (LLM). Они выступают в роли интеллектуальных ассистентов, способных быстро находить необходимые документы, проверять их на соответствие нормативам и выявлять несоответствия стандартам [3]. В результате инженер получает не «сырые» данные, а готовые аналитические выводы, что ускоряет процесс принятия решений и повышает их обоснованность.

В практике внедрения ИИ в атомной отрасли можно выделить два взаимодополняющих подхода:

1) Специализированные нейросетевые модели. Это «узкопрофильные эксперты», оптимизированные для решения конкретных задач (анализ данных с датчиков, прогнозирование сбоев, компьютерное зрение).

2) Большие языковые модели (LLM). Это универсальные ассистенты для работы с текстовой информацией, берущие на себя рутинный анализ документации [4].

Максимальная эффективность достигается при синергии этих двух типов систем. Специализированные модели обеспечивают надежность в критических технологических процессах, в то время как LLM радикально повышают эффективность работы с информацией.

Ниже приводится сравнительная таблица 1 применения нескольких ведущих LLM в атомной отрасли.

Анализ современных больших языковых моделей (LLM) демонстрирует их значительный потенциал для решения специфических задач атомной отрасли. Рассматривая наиболее перспективные разработки, можно выделить пять ключевых моделей, каждая из которых обладает уникальными характеристиками для различных направлений применения.

Модель ChatGPT-4 (OpenAI) выделяется своей универсальностью и мультимодальностью, что позволяет использовать ее как мощный инструмент для анализа обширной технической документации и подготовки черновиков сложных отчетов. Особую ценность представляет способность модели работать с изображениями, что открывает возможности для анализа схем и диаграмм, извлечения из них текстовой информации.

Таблица 1

Сравнительная таблица LLM

Название	Особенности	Число токенов	Стоимость	Применение
ChatGPT-4	Высокая способность к генерации текста и диалогу на основе обширного объема данных	до 128k токенов	Бесплатно / Платно VPN	Контент, обучение, задачи в работе
DeepSeek R1	Использование передовых алгоритмов для обеспечения высокой точности и эффективности в обработке данных	до 64k токенов	Бесплатно	Программирование, математика, исследовательская работа
Claude 4 Sonnet	Улучшенная способность к обработке естественного языка и генерации креативных решений	до 200k токенов	\$25/мес VPN	Юридические, научные и технические документы
Gemini Ultra	Многозадачность и способность работать с различными типами данных, включая текст, изображения и видео	до 1M токенов	Бесплатно / Платно VPN	Документы Google, презентации, исследования
YandexGPT 4	Интеграция с сервисами Яндекса и адаптация под русскоязычный контент	Нет данных	Бесплатно	Русские тексты, юридическая и локальная тематика

DeepSeek R1 предлагает принципиально иной подход благодаря открытому исходному коду и способности к «рассуждению вслух». Эта особенность делает модель ценной для исследовательских и проектных организаций атомной отрасли, где может быть применена для решения специфических инженерных задач, анализа данных моделирования и сложных технических расчетов, требующих прозрачности логических выводов.

В контексте работы с нормативной документацией особый интерес представляет Claude 4

Sonnet (Anthropic), ориентированная на работу с большими техническими регламентами, проектной документацией и стандартами. Она позволяет проводить комплексный анализ текстов и выявлять внутренние противоречия.

Gemini Ultra (Google) выделяется нативной мультимодальностью, обеспечивающей одновременный анализ текста, изображений, видео и аудио контента. Эта характеристика открывает возможности для комплексного анализа аварийных ситуаций, объединяя данные из разнородных источников: текстовых отчетов об инцидентах, видеоархивов с камер наблюдения и показаний датчиков.

Особое место занимает отечественная разработка YandexGPT 4, обладающая глубоким пониманием российской лингвистической и нормативной специфики. Модель становится незаменимым помощником для работы с локальной нормативной базой, историческими архивами документов на русском языке и отчетами отечественных НИИ, обеспечивая при этом уверенность обработки данных [5].

Таким образом, искусственный интеллект и нейронные сети — это мощный катализатор развития атомной энергетики, позволяющий повысить безопасность, оптимизировать расходы и общую эффективность работы, как сотрудников, так и самих предприятий. ИИ функционирует как надёжный цифровой помощник, беря на себя рутинный анализ колоссальных объёмов данных — от показаний датчиков до технической документации. Это освобождает инженеров от монотонной работы, позволяя им сосредоточиться на сложных задачах, требующих человеческого опыта и экспертизы, что в целом способствует принятию более быстрых и точных решений и выводит атомную отрасль на качественно новый уровень надёжности и предсказуемости.

Литература

1. Котельников Д.Ю., Кузнецов П.Н. Применение искусственного интеллекта в ядерной энергетике // Известия высших учебных заведений. Электроэнергетика. – 2022. – Т. 66. – № 1. – С. 76-80.
2. Желтышева С.Е. Цифровые двойники. Перспективы и будущее // Развитие экономики и менеджмента в регионах России: Сборник статей по материалам II Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 143-146.
3. Афанасьева Е.С., Глаголева А.Д., Завьялова Е.А. Использование квантовых компьютеров в атомной отрасли как механизм повышения эффективности работы АЭС // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 1. – С. 13-16.
4. AI-делопроизводитель: как нейросети меняют документооборот // Slsoft: [сайт]. – URL: <https://slsoft.ru/news/ai-deloproizvoditel-kak-neyroseti-menyaют-dokumentooborot/> (дата обращения: 13.10.2025).
5. 5 лучших LLM: сравнение флагманских языковых моделей 2025 года // Virtre: [сайт]. – URL: <https://virtre.ru/articles/artificial-intelligence/5-luchshix-llm-sravnenie-flagmanskix-yazykovyx-modelej-2025-goda> (дата обращения: 13.10.2025).

СЕКЦИИ 3
«ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ»

УДК 69.04

**Долговечность зданий и сооружений АЭС с позиции теории ресурса
строительных конструкций**

Андреева Наталья Викторовна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье рассматриваются ключевые аспекты надежности и долговечности зданий и сооружений атомных электростанций. Основное внимание уделяется снижению надежности строительных конструкций под воздействием эксплуатационных и природных факторов.

Представлено определение долговечности здания как предельного срока службы, в течение которого конструктивные элементы сохраняют работоспособность.

Особое внимание уделяется характеристикам железобетонных конструкций, являющихся основными элементами зданий АЭС. Рассматриваются такие параметры, как ползучесть, водонепроницаемость, морозостойкость, коррозионная стойкость, плотность и биостойкость материалов.

В работе анализируется метод предельных состояний как основа расчетов строительных конструкций. Описываются факторы, влияющие на надежность зданий: внутренние (физико-химические процессы, нагрузки, качество изготовления) и внешние (климатические условия, агрессивность среды, качество эксплуатации).

Представлены графические интерпретации изменения надежности зданий в процессе эксплуатации. Показано, что стабильность показателей качества и эффективности функционирования здания зависит от надежности всех его конструктивных элементов и систем.

Теория ресурса строительных конструкций была создана В.В. Болотиным. Ресурс конструкции представляет собой количественную характеристику, отражающую потенциальный срок службы или объём работы, который способен выполнить объект до достижения предельного состояния [1].

Прогнозирование ресурса является важным компонентом в общей теории надёжности строительных конструкций, позволяющим оценивать их эксплуатационный потенциал. Такая оценка может являться ключевым фактором при оценке надежности и долговечности конструкций АЭС.

Ресурс выступает как измеримый показатель долговечности, позволяющий оценить запас работоспособности технического объекта или строительной конструкции [2].

Долговечность зданий как сложных систем определяется изменчивостью во времени

свойств материала за счет физико-химического воздействия окружающей среды, нагрузок и воздействий от эксплуатации. В конструктивных элементах здания происходят значительные изменения и колебания усилий и напряжений, их концентрация и накопление, в результате чего возникают остаточные деформации, вызывающие микро- и макроразрушение. Накопление повреждений в элементах здания приводит к возникновению условий, при которых дальнейшая эксплуатация невозможна без восстановительных работ. Процесс накопления повреждений в строительных конструкциях находится в прямой зависимости от интенсивности использования строительного объекта, а также от множества внешних факторов. Среди всех внешних факторов особое внимание следует уделить температурным колебаниям и уровню влажности, а также различным агрессивным воздействиям окружающей среды. При этом важно отметить, что процесс накопления повреждений не подчиняется строгому закономерному порядку, а носит вероятностный характер, что делает его прогнозирование достаточно сложным.

Как правило, долговечность характеризует эксплуатационный срок здания в целом и конструктивных элементов в отдельности.

Надежность и долговечность конструкций зависят от интенсивности разрушительных процессов. Категории надежности и долговечности неадекватны.

Разрушения нагруженных конструкций проходит три стадии:

- стадия зарождения трещин в местах концентрации напряжений и образование различных дефектов;
- стадия медленного их развития;
- стадия лавинообразного разрушения при достижении критических напряжений и деформаций.

Основной характеристикой зданий является долговечность. Существует несколько определений долговечности, каждое из которых отражает сущность понятия.

Долговечность здания или сооружения представляет собой комплексный показатель, характеризующий период времени, в течение которого строительный объект способен сохранять свои ключевые эксплуатационные качества, прочностные характеристики и функциональные особенности на проектном уровне в соответствии с установленными нормативными сроками службы.

Этот показатель отражает способность конструктивных элементов, материалов и всего объекта в целом противостоять различным внешним воздействиям, включая климатические факторы, механические нагрузки, агрессивную среду, сохраняя при этом свою работоспособность и безопасность для пользователей.

Долговечность – расчетный срок службы, в течение которого материал или конструкция сохраняет свои свойства и заданные характеристики.

Долговечность конструкции (изделия) – способность сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами на ремонт.

Долговечность зданий как сложных систем определяется изменчивостью во времени

свойств материала за счет физико-химического воздействия окружающей среды, нагрузок и воздействий от эксплуатации.

Долговечность строительных конструкций измеряют обычно сроком службы без потери эксплуатационных качеств в конкретных климатических условиях и режимах эксплуатации.

Основными конструктивными элементами большинства зданий и сооружений АЭС являются железобетонные конструкции. Для железобетонных конструкций нормами предусмотрены три степени долговечности, причем первая соответствует сроку службы не менее 100 лет. Долговечность определяется совокупностью физических, механических и химических свойств материала, основными из которых являются:

- ползучесть – свойство бетона, характеризующееся нарастанием неупругих деформаций при длительном действии нагрузки;
- водонепроницаемость – способность материала не пропускать воду при заданных проектных условиях (зависит от плотности и структуры бетона);
- морозостойкость – стойкость материала не терять прочность и не разрушаться после заданного цикла попеременного насыщения водой и замораживания при различных температурных условиях и скоростях замораживания и оттаивания;
- коррозионная стойкость – химическое свойство бетона, определяющее его способность противостоять различным агрессивным средам и химическим веществам без потери качественных характеристик;
- биостойкость – способность материала сопротивляться разрушающему воздействию различных микроорганизмов (бактерий, грибов, мхов, лишайников) и сохранять свои эксплуатационные характеристики в условиях биологического воздействия.

Обычно под надежностью понимают вероятность безотказной работы в течение заданного промежутка времени.

Графическая интерпретация надежности здания за период эксплуатации может быть представлена системой экспоненциально убывающих кривых. Степень экспоненты, т.е. интенсивность падения надежности, может быть различной, зависящей от различных факторов.

На рис.1 приведены графики изменения надежности за период эксплуатации здания.

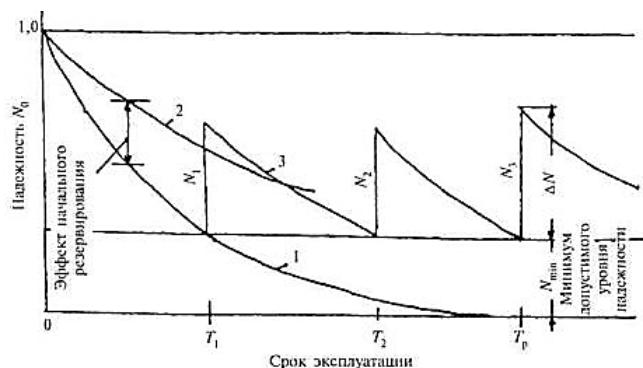


Рис. 1. Изменения надежности за период эксплуатации здания

Здесь заданная надежность системы конструкций здания с начальным резервированием по прочности и деформативности N_0 . Со временем эксплуатации T происходит снижение надежности до порогового уровня, т.е. до появления отказа системы, приводящего к снижению или потери несущей способности основных конструкций здания.

Следовательно, надежность зданий и сооружений представляет собой комплексную характеристику, отражающую способность строительного объекта стабильно поддерживать заданные параметры и обеспечивать эффективное выполнение своих функциональных задач на протяжении всего периода эксплуатации. При этом общая надежность формируется как результат взаимодействия всех конструктивных элементов и инженерных систем. Ключевым критерием, позволяющим оценить уровень надежности здания, выступает максимальный период его эксплуатации без возникновения аварийных ситуаций, что служит объективным показателем качества проектирования, строительства и последующего технического обслуживания объекта.

Основой расчетов конструкций зданий является метод предельных состояний.

Расчеты ведутся по двум предельным состояниям:

- по несущей способности;
- по деформациям, появлению или расширению трещин, нарушающих нормальную эксплуатацию.

Факторы, влияющие на надежность зданий, можно условно разделить на две группы: внутреннего воздействия и внешнего воздействия.

К первой группе относятся: физико-химические процессы, протекающие в материалах конструкций, нагрузки и процессы при эксплуатации, конструктивные факторы, качество изготовления конструкций. Ко второй группе причин относятся: климатические факторы, факторы агрессивности окружающей среды, а также качество эксплуатации.

Таким образом, на надежность зданий и сооружений влияют весьма многочисленные и различные факторы. При этом выделить группу решающих факторов весьма сложно.

Основная цель прогнозирования ресурса в процессе проектирования заключается в согласовании ключевых показателей надёжности (безотказности и долговечности) с установленным нормативным сроком службы объекта [2].

Проектная документация формируется с учётом следующих факторов:

- Заданные нормативные параметры.
- Требования стандартов и регламентов.
- Теоретические расчётные модели.
- Статистические данные об аналогичных объектах.
- Характеристики материалов.
- Условия эксплуатации.

Оценка ресурса зданий производится с помощью математического моделирования, анализа статистических данных, расчётов по действующим нагрузкам, оценки воздействий окружающей среды.

Прогнозирование ресурса представляет собой комплексный процесс, требующий учёта множества факторов и обеспечивающий безопасность и надёжность объекта на весь период эксплуатации.

Таким образом, обеспечение надежности и долговечности зданий и сооружений АЭС требует системного подхода, учитывающего множество взаимосвязанных факторов, и постоянного мониторинга состояния конструкций на всех этапах жизненного цикла объекта.

Литература

1. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения: межгосударственный стандарт: введен с 01.03.2017. – Москва: Стандартинформ, 2016. – Текст: непосредственный.
2. Вероятностные методы строительной механики и теория надежности строительных конструкций: учебное пособие / В. А. Пшеничкина, Г. В. Воронкова, В. В. Дроздов [и др.]. - Волгоград: ВолгГТУ, 2021 – Часть 2 – 2021. – 98 с. – ISBN 978-5-9948-4200-3. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

УДК 624.0; 539.3

Обоснование инновационного метода расчета и прогнозирования деформационного поведения высотных, ядерных и экологически опасных объектов

Землянский Анатолий Андреевич, доктор технических наук,

профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Прокопенко Артем Андреевич, студент направления «Строительство»;

Ильин Николай Витальевич, студент направления «Строительство»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье предложен инновационный метод расчета и прогнозирования деформационного поведения высотных, ядерных и экологически опасных объектов, приведены расчетные схемы и математические модели, реализующие рассматриваемый метод

Анализ аварийных ситуаций с РВС большого объема возводимых на слабых, органоминеральных и водонасыщенных грунтах показывает, что одной из доминирующих причин аварий и отказов несущих и ограждающих конструкций обследуемых резервуаров являются их большие абсолютные и неравномерные осадки.

В настоящее время для оценки допускаемых осадок и возможных отклонений рабочих точек как в центре, так и по контуру РВС, установлены 5 критериев, в частности:

- максимальная абсолютная осадка РВС (S_{max});
- разность осадок двух характерных точек расположенных в центре и на внешнем контуре резервуара (f);

- разность осадок двух смежных точек, находящихся на расстоянии шести метров друг от друга по периметру резервуара (Δs);
- разность осадок двух диагонально противоположных точек, расположенных на внешнем периметре резервуара (S_D);
- относительная разность осадок двух диаметрально противоположных точек на внешнем периметре резервуара по отношению к его диаметру (S_D/D).

Анализ накопленного практического опыта эксплуатации РВС большого объема, показал, что при значительных прогибах днища и неравномерных осадках превышающих предельно допустимые значения, в днище и в вертикальной стенке резервуара возникают дополнительные напряжения, которые в явном виде не учитываются в вышеприведенных деформационных критериях, кроме требований норм безопасности, разработанных корпорацией «Шелл» [1], в которых используется следующее аналитическое выражение:

$$f = \sqrt{\left(f_0^2 + \frac{0,37}{\gamma_m} \frac{\sigma_{u,st}}{E_{st}} D^2 \right)}, \quad (1)$$

где f_0 – начальный прогиб днища резервуара, м; $\gamma_m = [\sigma]/\sigma_\phi$ – коэффициент надежности днища по материалу; $[\sigma]$ – предельно допустимое напряжение на разрыв для материала днища, МПа; σ_ϕ – фактическое напряжение в материале днища, МПа; E_{st} – модуль деформации материала днища, МПа; $\sigma_{u,st}$ – допускаемое напряжение на разрыв для материала стенки, МПа; D – диаметр резервуара, м.

Зарубежные специалисты [2, 3] рекомендуют два значения коэффициента надежности по материалу;

- $\gamma_m \leq 4$ определяет тот уровень напряжений, при котором в отдельных точках днища резервуара напряжения могут достичь своего предельного значения;
- $\gamma_m \leq 2$ соответствует случаю, когда возможен разрыв днища под действием растягивающих напряжений.

Использование $\gamma_m = 4$ дает расчетное значение прогиба в 2 раза меньше прогиба, при котором возможен разрыв днища резервуара, а при $\gamma_m = 2$ расчетный прогиб в 1,43 раза меньше прогиба, при котором возможен разрыв днища или сварного шва.

Наличие в формуле (1) эмпирических коэффициентов и неопределенность в значении коэффициента надежности материала днища γ_m , резко снижает ее достоверность.

Детальный анализ допустимых осадок и возможных перемещений по внешнему периметру резервуаров различных объемов отраженных в существующей нормативной литературе позволил автору представить полученную информацию в табл. 1

Таблица 1

Допускаемые проектные и монтажные вертикальные отклонения рабочих точек
в центре и по контуру типовых резервуаров

Нормативная база	Объем резервуара, м ³	Максимальная абсолютная осадка S _{max} (мм)	Максимальный прогиб f, (мм)	ΔS, (мм)	ΔS _D , (мм)	ΔS _D / D
СНиП 2.09.03-85	700 ÷ 50000	≤ 200	0,003 σ (<100мм)	—	—	0,002 ÷ 0,004
СНиП 3.03.01-87	<700	—	—	20	40	0,0038
	700 ÷ 1000			30	60	0,0057
	2000 ÷ 5000			35	80	0,0038
	10000 ÷ 20000			40	75	0,0019
	30000 ÷ 50000			50	100	0,0016
Правила технической эксплуатации резервуаров	2000 ÷ 20000	—	—	30	80	0,0050
ВСН 311-73	700	—	—	10	25	0,0017
	700 ÷ 1000			15	40	0,0025
	2000 ÷ 50000			20	50	0,0033
ТУ 34-42-5347-76	10000	—	—	30	80	0,0050
Нормы корпорации «Шелл»	1000	—	—	164	—	—
	5000			303	—	—
	10000			455	—	—
	20000			606	—	—
	50000			795	—	—

Примечание: все расчеты в ходе оценки максимальных прогибов днища выполнены применительно к стали 16Г2АФ

Анализ результатов представленных в указанной таблице наглядно демонстрирует их очень сильный разброс, обусловленный вероятно эмпирическим подходом к их определению, что очень часто приводит на практике к возникновению непрогнозируемых ситуаций.

С целью повышения достоверности определения допустимого прогиба рабочего днища РВС с учетом предельного напряженно-деформируемого состояния материала автором выполнены теоретические исследования, позволившие получить следующее аналитическое выражение:

$$f = \gamma_c^* \left(1 + \frac{R}{E} \right) D_0 \frac{1}{k_n} \quad (2)$$

где R – расчетное сопротивление материала днища, МПа; E – модуль упругости, материала днища, МПа; D₀ – начальный диаметр днища, м; k_n – коэффициент надежности материала днища,

равный 2; γ_c^{*} – принятое сокращенное обозначение ($\gamma_c^* = \frac{1}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{1}{1 + R/E} \right)^2} \approx 0,02225$)

Детальный анализ полученного выражения (2) позволил установить, что указанный допускаемый прогиб на 16% ниже, чем регламентировано западно-германскими нормами и нормами корпорации «Шелл», но одновременно значительно выше требований СНиП 2.09.03-85 [4], что свидетельствует о завышенном коэффициенте надежности, заложенном в действующих нормах, и обусловлено отсутствием на сегодняшний день надежных технологий устройства типовых оснований и фундаментов, а также совершенных методов оценки их деформационного поведения.

В настоящей работе с целью повышения уровня эксплуатационной надежности РВС и

максимального снижения ожидаемых абсолютных и неравномерных деформаций слабого грунтового основания под крупногабаритными резервуарами предложена уникальная система активного кольцевого армирования слабого грунта [6]. На практике, для расчета грунтовых оснований под резервуары, по деформациям используют расчетную схему в виде линейно-деформируемого полупространства с условным ограничением сжимаемой толщи [5] как показано на рис. 1

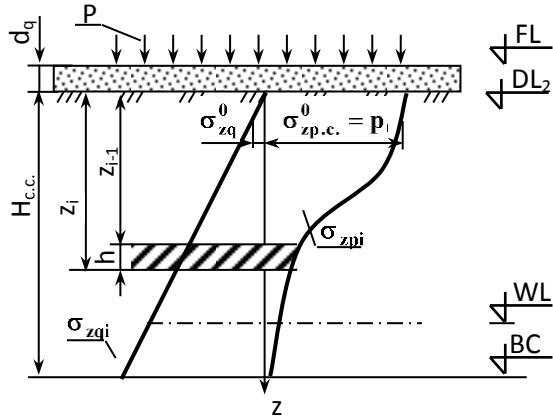


Рис. 1. Расчетная схема грунтового основания РВС по деформациям в виде линейно-деформируемого полупространства:

FL – отметка днища резервуара; **WL** – уровень подземных вод **BC** – нижняя граница сжимаемой толщи; ρ – среднее давление под днищем резервуара ρ_0 – дополнительное вертикальное давление на грунтовое основание; σ_{zq} – вертикальное напряжение от собственного веса грунта; σ_{zp} – дополнительное вертикальное давление от внешней нагрузки на глубине z от днища резервуара; $H_{c.c.}$ – глубина сжимаемой толщи в центре резервуара.

Осадка днища резервуара в центре S_c и в точках по его периметру S_p при использовании вышеприведенной расчетной схемы производится методом послойного суммирования по следующей формуле:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} \cdot h_i}{E_i} \quad (3)$$

где $\beta = 0,8$ – безразмерный поправочный коэффициент; $\sigma_{zp,i}$ – среднее значение дополнительного вертикального напряжения в i -м слое грунта, равное полусумме вертикальных напряжений на верхней z_{i-1} и нижней z_i границах этого слоя, МПа; h_i – толщина рассматриваемого слоя (обычно принимается в пределах $0,5 \div 1,0$ м); E_i – модуль деформации i -го слоя грунта, МПа; n – число слоев, на которые разделена сжимаемая толща рассматриваемого грунта.

Распределение дополнительных вертикальных напряжений по глубине основания резервуара определяют по формулам:

– под центром резервуара

$$\sigma_{zp,c} = \alpha \rho_0 \quad (4)$$

– под краем резервуара

$$\sigma_{zp,c} = \alpha_1 \rho_0, \quad (5)$$

$$\rho_0 = \rho + \sigma_g, \quad (6)$$

$$\sigma_g = \gamma_g \cdot d_g, \quad (7)$$

где ρ_0 – дополнительное вертикальное давление на основание, МПа; ρ – среднее вертикальное давление под днищем резервуара, МПа; γ_g – удельный вес грунта, из которого изготовлена подушка, кН/м³; d_g – толщина грунтовой подушки, м; α и α_1 – коэффициенты, зависящие от радиуса резервуара R и относительной глубины z/R .

Их значения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Z/R	α	α_1	Z/R	α	α_1
0,0	1,000	0,500	1,2	0,547	0,300
0,2	0,993	0,468	1,5	0,424	0,256
0,4	0,949	0,434	2,0	0,285	0,196
0,6	0,864	0,400	2,5	0,200	0,151
0,8	0,756	0,366	3,0	0,146	0,118
1,0	0,647	0,323			

Нижняя глубина сжимаемой толщи основания ограничивается:

- глубиной $z = H_{c,c}$ – для вертикали, проходящей через центр резервуара;
- глубиной $z = H_{c,p}$ – для вертикали, проходящей через точку на периметре резервуара.

При этом в обоих случаях на этой границе должно выполняться условие:

$$\sigma_{zp} = 0,2 \cdot \sigma_{zg}. \quad (8)$$

Анализ вышеприведенной расчетной схемы грунтового основания РВС в виде линейно-деформированного полупространства свидетельствует о полном отсутствии в ней учета сложного напряженного состояния загружаемого грунтового основания и, соответственно, уровня горизонтальных напряжений в исследуемой среде, что не соответствует результатам экспериментальных и теоретических исследований, полученных в ходе выполнения настоящей работы.

В частности, при отсутствии армирования грунта (рис.2) установлено, что в верхней зоне, составляющей треть от всей активной зоны деформирования грунта, формируется более 74% от максимально усредненной осадки гибкого штампа, что в свою очередь свидетельствует о значительных горизонтальных перемещениях загружаемого грунта в верхней зоне и необходимости активного армирования грунта именно в указанной области.

Активное кольцевое армирование грунта в пределах верхней трети его активной зоны (рис.3) позволило выявить очень высокую эффективность предложенного армирования грунта, выразившуюся в десятикратном уменьшении усредненной осадки гибкого штампа, в частности с 39,3 до 3,8 мм.

Одновременно в ходе анализа полученного материала установлено, что основная часть суммарной осадки гибкого штампа формируется в армированном грунтовом основании как показано на рис. 3. практически за счет деформирования неармированной зоны.

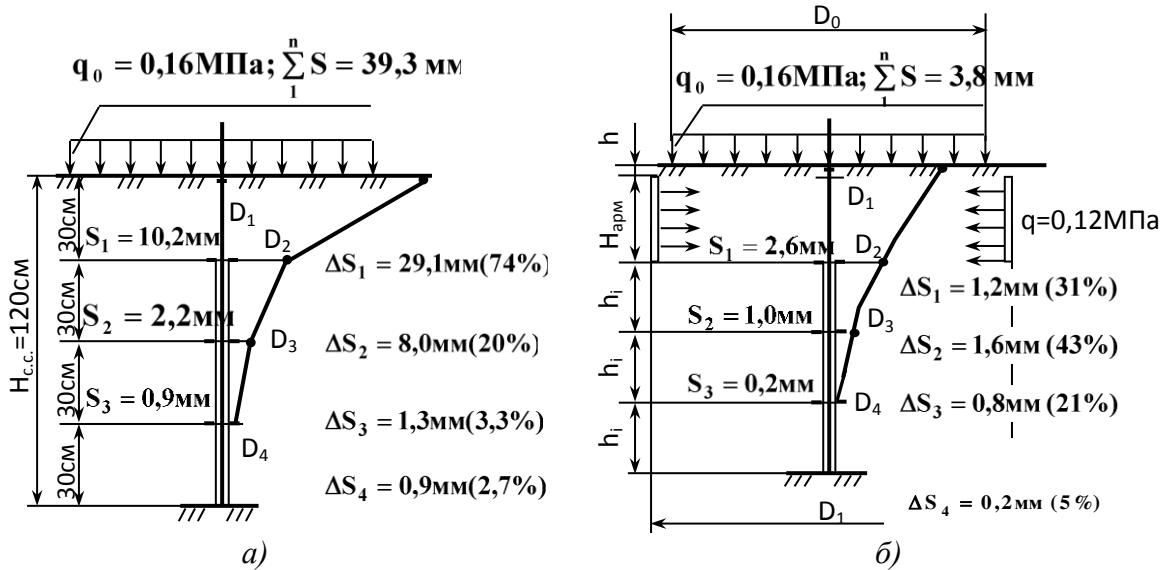


Рис. 2. Схема послойного деформирования грунта:

а) без его активного армирования, где: $D_1 D_2 D_3 D_4$ – тензометрические датчики измерения послойных перемещений исследуемого грунта; б) с активным кольцевым армированием, где: D_0 и D_1 – соответственно диаметр гибкого штампа и кольцевой системы армирования; $H_{\text{арм}}$ – высота активного армирования; h – удаление кольцевого армирования от дневной поверхности

Разработанная расчетная схема позволяет на практике полно и очень эффективно учесть все особенности кольцевого армирования грунта с его активным преднапряжением, за счет разделения грунта по высоте на две характерные зоны, позволяющие использовать на практике метод суперпозиции и доработанный метод послойного суммирования, учитывающий воздействие на исследуемое грунтовое основание всех трех главных напряжений.

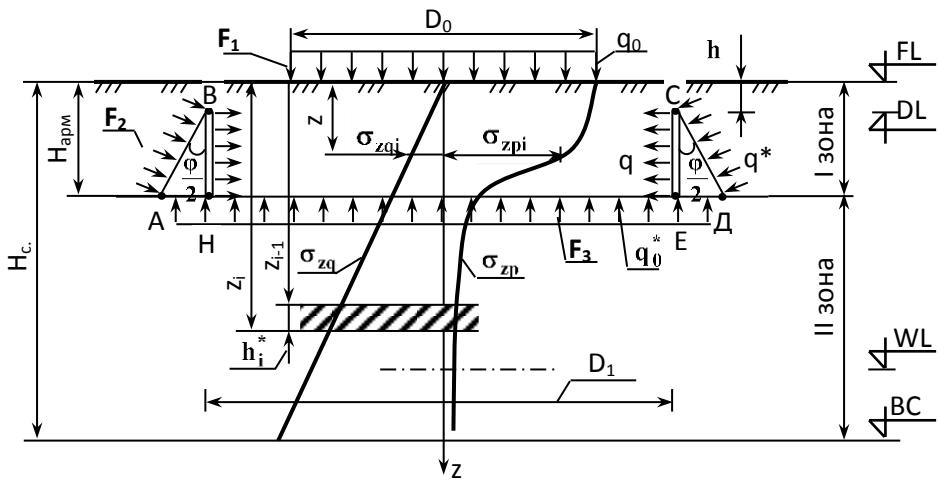


Рис. 4. Расчетная схема грунтового основания РВС армированного кольцевой системой с активным преднапряжением грунта, где АВСД – зона активного армирования грунта; q_0 – вертикальное давление от днища РВС; q – давление от горизонтального преднапряжения грунта; q_0^* – трансформированное вертикальное давление от внешней нагрузки, соответственно на площадь F_3 ; q^* – трансформированное давление горизонтального преднапряжения, соответственно на площадь F_2 ; F_1 – площадь рабочего днища РВС; F_2 – боковая площадь сопряжения кольцевой системы армирования с окружающим грунтом; F_3 – увеличенная площадь передачи внешней нагрузки от РВС на II зону неармированного грунта; D_0 – рабочий диаметр гибкого днища РВС; D_1 – диаметр системы кольцевого армирования грунта; H_c – активная глубина сжимаемой толщи грунта; $H_{\text{арм}}$ – глубина кольцевого армирования грунта

В целом весь вышеприведенный экспериментальный материал позволил разработать новую и более совершенную расчетную схему армированного грунтового основания, представленную на рисунке.

Практическое использование вышеприведенной расчетной схемы для оценки деформационного поведения армированного грунтового основания позволило автору разработать аналитический метод расчета грунта по деформациям с использованием следующего алгоритма расчета.

На первом этапе, исходя из граничных условий и генеральных размеров проектируемого РВС определяется весь спектр внешних нагрузок, включая и вертикальную равномерно распределенную нагрузку, интенсивностью q_0 , а также физико-механические характеристики грунта в естественном состоянии, в частности: ρ ; ω ; e ; ϕ ; c ; E_0 ; ν_0 .

На втором этапе определяются основные размеры кольцевого армирования грунта, в частности – высота активного армирования $H_{\text{арм}} = 1/3D_0$, где D_0 – рабочий диаметр днища РВС, а также удаление кольцевой системы армирования грунта от дневной поверхности $h = 0,01D_0$.

На третьем этапе определяются три характерные рабочие площади, оказывающие активное влияние на деформационное поведение рассматриваемого основания: F_1 – площадь гибкого днища резервуара, F_2 – боковая площадь сопряжения кольцевой системы армирования с окружающим грунтом, F_3 – увеличенная площадь передачи внешней нагрузки от РВС на нижележащей неармированной слой грунта.

На четвертом этапе, зная характерные площади F_1 , F_2 , F_3 , можно определить соответствующие значения нагрузок, передаваемых через указанные площади на окружающий грунт, в частности N_1 – суммарную нагрузку, передаваемую от рабочего днища на грунтовое основание, определяемую по формуле $N_1 = q_0 F_1$; N_2 – суммарное усилие уменьшающее вертикальную нагрузку на грунтовое основание в плоскости АНЕД, за счет трения боковой поверхности кольцевой системы армирования грунта об окружающий грунт с пред напряжением интенсивностью $(q)_{N_2} = \frac{1}{2} q \cdot \operatorname{tg} \phi \cdot \cos \left(\frac{\phi}{2} \right) \cdot F_2$, МПа;

N_3 – суммарную нагрузку передаваемую от резервуара на нижележащие слои грунта в плоскости АНЕД, определяемую по формуле $N_3 = N_1 - N_2$.

На пятом этапе, зная площадь F_3 и значение нагрузки N_3 , можно определить интенсивность равномерно-распределенного давления в плоскости АНЕД, соответственно по формуле $q_0^x = N_3 / F_3$, которое будет в несколько раз меньше внешнего давления, приложенного к дневной поверхности грунта.

На шестом этапе в лабораторных условиях в приборе трехосного сжатия или стабилометре определяются увеличенные деформационные характеристики E_0^x и ν_0^x за счет активного армирования грунта и с учетом σ_z ; σ_y ; σ_x .

На седьмом этапе методом послойного суммирования определяется суммарная осадка

грунта в зоне армирования с использованием сложного напряженного состояния и изменившихся деформационных характеристик по следующей формуле:

$$S_I = \sum_1^n \left[\frac{\sigma_{z_{pl}}^{cp}}{E_0^*} - \frac{\nu_0^*}{E_0^*} \left(\sigma_{x_q}^{cp} + \sigma_{y_q}^{cp} \right) \right] H_{arm} \quad (8)$$

где $\sigma_{z_{pl}}^{cp} = \frac{q_0 + q_0^*}{2}$ – среднее вертикальное напряжение от внешней нагрузки в пределах I-ой зоны армированного грунта, МПа; $\sigma_{x_q}^{cp} + \sigma_{y_q}^{cp} = 2q$ – суммарное горизонтальное напряжение в грунте от системы активного, кольцевого армирования грунтового основания, МПа; E_0^* и ν_0^* – увеличенный модуль общей деформации и коэффициент Пуассона в зоне армированного грунта; H_{arm} – глубина армированной зоны грунта.

На восьмом этапе также методом послойного суммирования определяется суммарная осадка грунта в нижележащей неармированной зоне по следующей формуле:

$$S_{II} = \sum_1^n \left[\frac{\sigma_{z_{pl}}^{cp}}{E_0} - \frac{\nu_0}{E_0} \left(\frac{\nu_0}{1 - \nu_0} 2\sigma_{z_{pl}}^{cp} \right) \right] H_{II} \quad (9)$$

где $\sigma_{z_{pl}}^{cp}$ – среднее вертикальное напряжение от внешней нагрузки в неармированной зоне грунтового основания, МПа; $\frac{\nu_0}{1 - \nu_0} 2\sigma_{z_{pl}}^{cp}$ – суммарное горизонтальное напряжение от внешней нагрузки в неармированной зоне грунта, МПа; E_0 и ν_0 – исходные деформационные характеристики грунта II-ой зоны; H_{II} – глубина неармированной зоны грунтового основания, равная $H_{II} = H_c - H_{arm}$.

На девятом этапе определяется суммарная осадка двух характерных зон, выделенных в пределах активной толщи рассматриваемого грунтового основания, как показано на рис. 4 с последующим сравнением полученных результатов с предельно допускаемой осадкой:

$$S_I + S_{II} \leq S_u \quad (10)$$

В случае выполнения условия 10 расчет заканчивается, в противном случае можно увеличить интенсивность кольцевого преднатяжения, либо увеличить высоту или рабочий диаметр кольцевого армирования с последующим пересчетом поставленной задачи и достижением выполнения указанного условия.

В работе предложено аналитическое выражение для определения фактических предельно-допустимых прогибов днища РВС с учетом его напряженного состояния, характеризуемое повышенной степенью достоверности и возможностью эффективного учета всех доминирующих факторов, оказывающих наибольшее влияние на исследуемую величину.

По результатам выполненных экспериментальных исследований разработана расчетная схема и аналитический метод расчета деформационного поведения грунтового основания, усиленного предложенной и апробированной системой кольцевого армирования, которая

позволила максимально полно учесть все особенности указанной системы, включая и активное преднапряжение грунта.

Доказано, что практическое использование предложенного аналитического метода расчета по деформациям грунта, армированного кольцевым преднапряженным элементом, характеризуется высокой степенью достоверности и необходимой разрешающей способностью, что позволяет учесть все положительные эффекты, получаемые за счет активного кольцевого армирования слабого грунта.

Литература

1. Овчинников И.Г. Эксплуатационная надежность и оценка состояния резервуарных конструкций / И.Г. Овчинников, Н.Б. Кудайбергенов, А.А. Шеин. Саратов: Сарат. гос. ун-т, 1999. – 316 с.
2. Malik Z., Morton C. Ovalizatijn of cilindrical tank as result of foundation settlement of stran analysis. Vol. 12, No. 4, 1977. P. 339-348.
3. Marr W.A., Ramos J.A., Lambe T.W. Criteria for settleneering division, vol 108, No. GT8, 1982. P. 1017-1038.
4. СНиП 2.09.03-85 Сооружение промышленных предприятий / Госстрой СССР. – М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, – 1986. – 56 с.
5. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. – М., Стройиздат, 1985. – 40 с.
6. Землянский А.А. Новое поколение свайных и анкерных фундаментов с управляемой несущей способностью / А.А. Землянский // Нелинейная динамика механических и биологических систем. – Саратов, 2004. №2.

УДК 624.0; 539.3

Экспериментальная оценка эффективности инновационного метода активного кольцевого армирования слабого грунта при строительстве уникальных и ядерных объектов

Землянский Анатолий Андреевич, доктор технических наук,

профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Парамонов Никита Андреевич, студент направления «Строительство»;

Чурилов Дмитрий Алексеевич, студент направления «Строительство»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

Впервые представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований нового метода активного кольцевого армирования слабых грунтов при строительстве и реконструкции уникальных, энергетических, исторических и высотных зданий и сооружений с управляемой эксплуатационной надежностью возводимых объектов. Предложенный метод можно использовать при проектировании и строительстве абсолютно нового класса интеллектуально разумных строительных объектов, степень надежности которых может поддерживаться на заданном проектном уровне.

Анализ результатов обследования различных уникальных исторических и высотных зданий и сооружений позволил установить, что в подавляющем большинстве случаев лавинообразные и необратимые аварии произошли в основном из-за больших абсолютных и неравномерных осадок грунтового основания.

Отмеченный факт наглядно подтвержден и многочисленными работами Улицкого В.М., Ильичева В.А., Долматова Б.И., Сорочана Е.А. и Абелева М.Ю. [1, 2, 3, 4]. В настоящее время существует множество пассивных методов усиления слабых грунтов, к которым можно отнести различные способы вертикального и горизонтального армирования грунтов с помощью различных металлических, синтетических и сверхпрочных композиционных материалов.

Использование на практике кольцевых свайных и сплошных шпунтовых стенок позволяет добиться некоторого пассивного эффекта за счет перераспределения вертикальных и горизонтальных напряжений, обусловленного изменением граничных условий загружаемого основания. Однако в результате практического применения указанного армирования, снижение осадки загружаемого основания при равной интенсивности внешней нагрузки происходит не более чем на 60%, что не позволяет добиться необходимой безаварийной и эффективной эксплуатации высотных зданий и сооружений.

Все отмеченное свидетельствует об актуальности рассматриваемой проблемы, связанной с необходимостью разработки принципиально новых методов активного усиления слабых грунтов и создания нетрадиционных и высокоэффективных систем армирования грунта.

Установленный в работах [2, 3, 4] факт значительного увеличения доли вертикальных осадок дневной поверхности грунтового основания из-за больших перемещений расчетной среды в горизонтальном направлении, позволил автору разработать новый принцип увеличения несущей способности грунтового основания за счет активного горизонтального армирования грунта с помощью полой кольцевой шпунтовой стенки, преднатянутой по окружающему грунту, как показано на рис.1

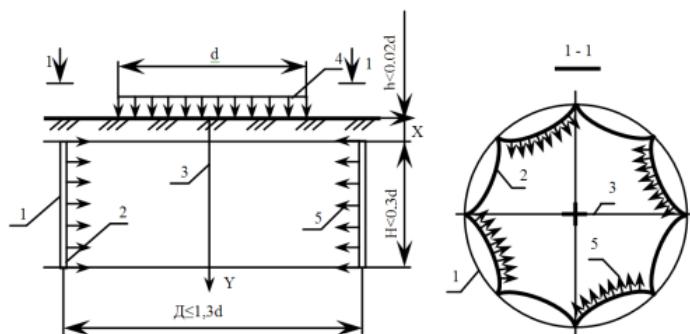


Рис.1. Конструктивная схема кольцевой шпунтовой стенки с преднатяжением по грунту:
1 – внешняя стенка кольцевой шпунтовой системы; 2 – внутренняя стенка кольцевой шпунтовой системы; 3 – рабочая зона преднатягаемого грунта; 4 – нагрузка от здания или сооружения; 5 – давление горизонтального преднатяжения грунта

При этом преднатяжение грунта, находящегося во внутренней зоне кольцевой шпунтовой стенки, может осуществляться за счет давления воздуха, давления жидкости, или давления

саморасширяющегося грунтоцементного раствора, нагнетаемого в рабочие полости кольцевой шпунтовой стенки. Выполненные автором теоретические исследования с использованием сертифицированной программы «Лира» позволили выявить факт значительного перераспределения горизонтальных и вертикальных напряжений в исследуемом грунтовом основании, что является на практике главной и доминирующей причиной резкого повышения несущей способности армируемой грунтовой среды. Полученные результаты представлены на рис. 2, 3.

Одновременно в ходе аналитического обоснования предложенного метода кольцевого армирования слабых грунтов в работе выполнена оптимизация конструкции и основных размеров полой кольцевой шпунтовой стенки.

В результате установлено, что при минимальных затратах рабочий диаметр кольцевого армирующего элемента должен удовлетворять условию $D \leq 1,3d$, где d – диаметр рабочей зоны усиления слабого грунта. Рабочая высота преднатяженного кольцевого элемента должна находиться в пределах $H \leq 0,3d$. Наконец, удаление преднатяженного кольцевого элемента h от дневной поверхности грунтового основания должно составлять не более $0,02d$.

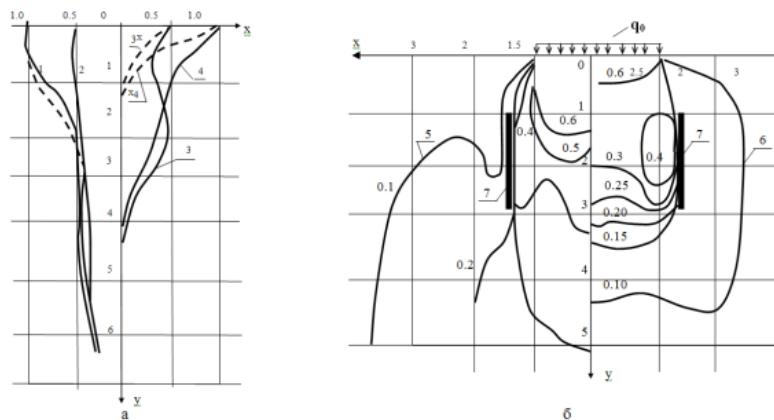


Рис. 2. Результаты численного эксперимента с пассивным армированием грунта в основании:
 а – эпюры напряжений в вертикальном сечении грунта основания 1 – эпюра вертикального напряжения σ_y в сечениях $x=0$; 2 – эпюра вертикального напряжения σ_y в сечениях $x=b/2$; 3 – эпюра горизонтального напряжения σ_x в сечениях $x=b/2$; 4 – эпюра горизонтального напряжения σ_x в сечениях $x=0$. (Пунктиром показаны эпюры напряжений в неармированном состоянии) б – изобары напряжений по оси y и оси x ; 5 – изобары σ_y ; 6 – изобары σ_x ; 7 – зона армирования грунтового основания

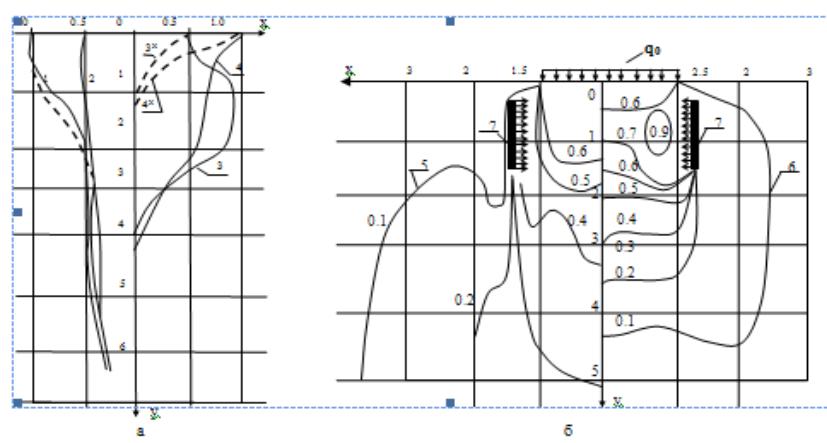


Рис.3. Результаты численного эксперимента с активным армированием грунта в основании:
 1 – эпюра вертикального напряжения σ_y в сечениях $x = 0$; 2 – эпюра вертикального напряжения σ_y

в сечениях $x=b/2$; 3 – эпюра горизонтального напряжения σ_x в сечениях $x=b/2$; 4 – эпюра горизонтального напряжения σ_x в сечениях $x=0$ (пунктиром показаны эпюры напряжений в неармированном состоянии). б – изобары напряжений по оси u и оси x ; 5 – изобары σ_y ; 6 – изобары σ_x ; 7 – зона армирования грунтового основания

С целью экспериментального обоснования эффективности пассивного и активного армирования грунта автором выполнен целый комплекс исследований, направленный на качественную и количественную оценку уровня уменьшения деформируемости армированного грунтового основания. При этом были рассмотрены пять схем армирования исследуемого грунтового основания, представленные на рис. 4.

Все эксперименты были выполнены в лотке размером $3 \times 3 \times 4$ м, заполненном кварцевым среднезернистым песком плотностью $\rho = 16 \text{ кН/м}^3$, влажностью $\omega \leq 12\%$, с углом внутреннего трения $\phi = 34^\circ$ и модулем общей деформации $E_0 = 5,4 \text{ МПа}$. Нагрузка q_0 от днища резервуара моделировалась резиновой диафрагмой, герметично закрепленной на абсолютно жестком штампе диаметром 60 см и 120 см, через которую с помощью воздуха можно передавать на грунт абсолютно равномерную распределенную нагрузку интенсивностью q_0 .

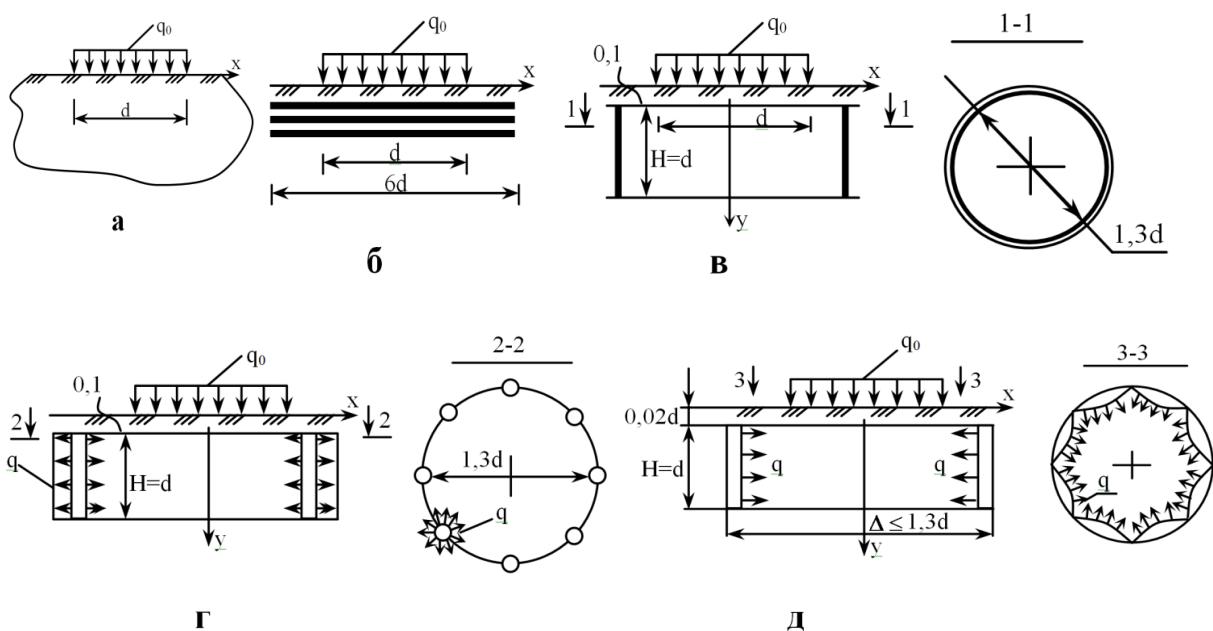


Рис. 4. Схемы армирования грунтового основания под здания и сооружения:
 а – неармированное грунтовое основание; б – пассивное армирование грунта горизонтальными элементами; в – пассивное армирование грунта жестким заглубленным кольцом; г – активное армирование грунта в кольцевом направлении сваями, преднапряженными по грунту; д – активное армирование грунта кольцевым элементом с преднапряжением по грунту

По первой схеме для достоверной оценки эффективности различных способов армирования грунта последний загружался через абсолютно гибкий штамп без какого-либо армирования грунтового основания.

По второй схеме осуществлялось армирование грунта металлической фольгой, укладываемой горизонтально в грунт, в три слоя во взаимно перпендикулярных направлениях.

По третьей схеме было выполнено армирование грунта в пассивном режиме с помощью

жесткого кольца высотой, равной диаметру рабочего штампа, удаленного от дневной поверхности на $h=0,1d$.

По четвертой схеме создавалось армирование грунта в кольцевом направлении одиночными сваями высотой $H=d$ с активным преднапряжением по грунту и удалением друг от друга на расстояние $l \approx 3d^*$.

По пятой схеме было выполнено армирование грунта в активном режиме с помощью кольцевого элемента, позволяющего осуществить ступенчатое преднапряжение грунта во внутренней полости кольца.

В результате проведения всего цикла запланированных экспериментов автором были получены графики зависимости усредненных осадок абсолютно гибкого штампа соответственно от интенсивности внешней нагрузки и вида армирования грунта, что представлено на рис. 5 а, б.

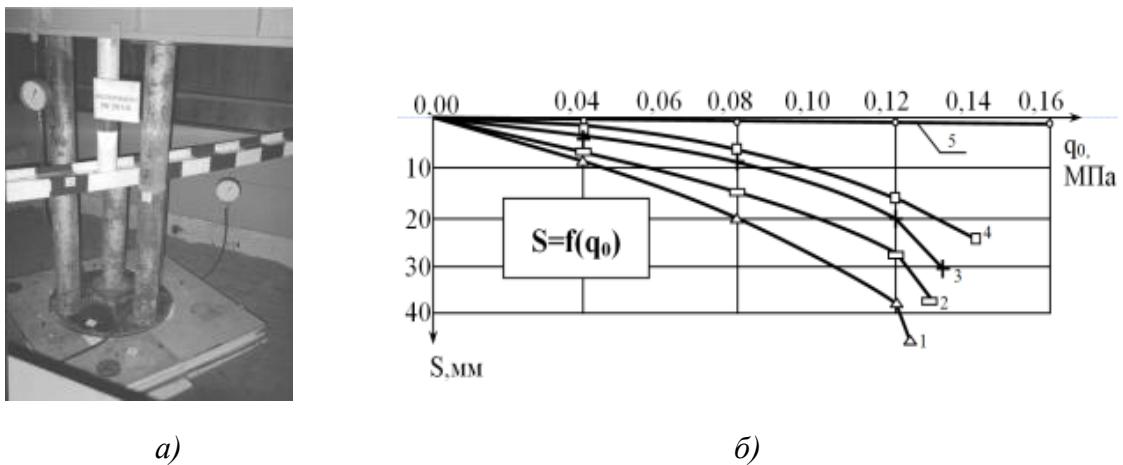


Рис.5. Результаты экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния грунта при активном кольцевом армировании:

а) общий вид экспериментальной установки; б) график зависимости средней осадки гибкого штампа от интенсивности внешней нагрузки и способа армирования грунтового основания 1 – неармированное грунтовое основание $S_1=39\text{мм}$; 2 – пассивное армирование грунта линейными элементами $S_2=24\text{мм}$; 3 – пассивное армирование грунта жестким кольцевым элементом $S_3=20\text{мм}$; 4 – активное армирование грунта сваями, преднапряженными по грунту в кольцевом направлении $S_4=18\text{мм}$; 5 – активное армирование грунта кольцевым элементом с преднапряжением внутренней зоны грунта $S_5=0,88\text{мм}$

Анализ полученных результатов показал, что усредненная осадка грунтового основания при вертикальной равномерно распределенной нагрузке интенсивностью $q_0=0,12\text{МПа}$ составила около 39 мм при диаметре рабочего штампа, равном 60 см, во втором случае – около 24 мм. В третьем случае указанная осадка составила чуть более 20 мм. В четвертом случае при активном преднапряжении грунта вокруг одиночных свай в пределах $q_0=0,12\text{МПа}$ осадка составила около 18 мм. Наконец, в пятом случае, при том же уровне преднапряжения, осадка составила всего 0,88 мм, что свидетельствует о высокой эффективности предложенного способа активного горизонтального армирования слабых грунтов, так как в результате преднапряжения грунта специальным кольцевым элементом средняя осадка поверхности исследуемого грунтового основания уменьшилась более чем в 40 раз по отношению к неармированному грунтовому

основанию, что свидетельствует о полном подтверждении всех теоретических прогнозов и аналитических исследований, выполненных автором.

С целью пошаговой оптимизации размеров кольцевой системы преднапряжения и зоны активного армирования исследуемого грунтового основания автором выполнен целый комплекс экспериментов с использованием классической теории математического планирования экспериментов.

При этом в ходе проводимых экспериментов все физико-механические характеристики исследуемого грунта были застабилизированы на одном заданном уровне, представленном выше.

Таблица 1

Уровни варьирования изучаемых факторов

Уровни	Факторы		X ₁ (q ₀)		X ₂ (q)		X ₃ (h)		X ₄ (H)	
	физ.зн. (МПа)	код	физ.зн. (МПа)	код	физ.зн. (см)	код	физ.зн. (см)	код	физ.зн. (см)	код
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Верхний X ^b	0,16	+1	0,12	+1	5	+1	50	+1		
Основной X ⁰	0,13	0	0,10	0	3	0	35	0		
Нижний X ^h	0,10	-1	0,08	-1	1	-1	20	-1		
Интервал варьирования	0,03	-	0,02	-	2	-	15	-		

Одновременно в таб.1 автором выделены и представлены четыре наиболее значимых и доминирующих фактора, к которым можно отнести: интенсивность внешней вертикальной равномерно распределенной нагрузки q₀ (X₁)(МПа), передаваемой на исследуемый грунт через гибкую резиновую мембрану абсолютно жесткого штампа; интенсивность преднапряжения грунта q (X₂) (МПа), создаваемого за счет кольцевой системы армирования грунта; удаление кольцевой системы армирования грунта от дневной поверхности h (X₃) (см); высоту кольцевого элемента для активного горизонтального преднапряжения грунта H (X₄) (см) при его постоянном диаметре.

Матрица планирования четырехфакторного эксперимента представлена в таб. 2.

Таблица 2

Матрица планирования экспериментов для линейной аппроксимации модели активного армирования грунтового основания абсолютно гибким штампом

Номер опыта	Факторы и их взаимодействие												Средняя осадка мембранны			Ошибка %
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₁ X ₄	X ₂ X ₃	X ₂ X ₄	X ₃ X ₄	Серия опытов	I	II	У _{ср} эксп	Расчетные значения
1	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	2,76	2,60	2,68	2,40	-10,4
2	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	4,20	4,00	4,10	4,17	+1,7
3	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	1,60	1,40	1,50	1,45	+3,4
4	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	3,90	3,70	3,80	4,05	+6,6
5	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	3,20	2,90	3,05	2,90	-4,9
6	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	4,54	4,30	4,42	4,80	+8,5
7	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	2,26	2,10	2,18	2,40	+10
8	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	8,90	8,10	8,50	8,00	-11
9	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	0,68	0,60	0,64	0,80	+25
10	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	5,74	5,30	5,52	5,30	-3,9
11	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	0,80	0,70	0,750	0,60	-20
12	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	0,94	0,82	0,88	1,00	+13,6
13	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	0,91	0,81	0,86	0,68	-21
14	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	3,00	2,60	2,80	2,87	+2,0
15	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	0,54	0,50	0,52	0,40	-23
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1,76	1,60	1,68	1,80	+7,1

Схема пневмозагрузки исследуемого грунтового основания с активным кольцевым армированием грунта, размещение мессдоз и датчиков перемещения грунта в ходе выполняемых экспериментов для комплексной оценки напряженно-деформированного состояния расчетной среды, представлены на рис. 6.

Реализация матрицы планирования четырехфакторного эксперимента с запланированной последовательностью и сочетанием изучаемых факторов позволила получить следующее уравнение регрессии:

$$\begin{aligned}\hat{y}_{\text{cp}} = & 2,838 + 1,123 X_1 - 0,246 X_2 + 0,266 X_3 - 0,927 X_4 - 0,00162 X_1 X_2 + \\ & + 0,121 X_1 X_3 - 0,315 X_1 X_4 + 0,593 X_2 X_3 - 0,288 X_2 X_4 - 0,480 X_3 X_1 + \\ & + 0,393 X_1 X_2 X_3 - 0,103 X_1 X_2 X_3 X_4.\end{aligned}\quad (1)$$

где \hat{y}_{cp} – усредненная осадка дневной поверхности грунтового основания, загруженного равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью q_0 Мпа.; X_1, X_2, X_3, X_4 – активные факторы.

Общий анализ полученного уравнения регрессии показал на его достаточно высокую адекватность, обусловленную тем, что ошибка между экспериментальными и расчетными данными не превышает в большинстве случаев 6 – 8 %, что подтверждено и дополнительной проверкой по F-критерию Фишера [6].

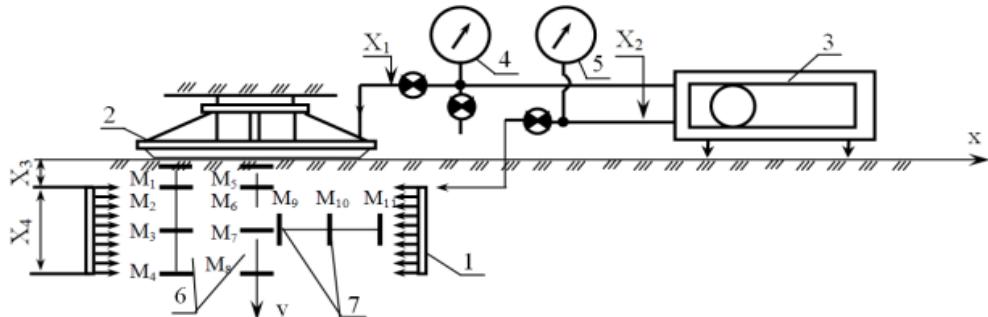


Рис. 6. Схема пневмозагрузки грунтового основания через гибкую мембрану и размещение мессдоз для оценки напряженно-деформированного состояния исследуемого основания:

1 – кольцевая система армирования грунта; 2 – жесткий штамп с абсолютно гибкой мембраной; 3 – система пневмозагрузки рабочего штампа; 4 – система измерения давления в штампе; 5 – система измерения давления в кольцевой системе преднатяжения грунта; 6 – мессдозы для измерений давления в вертикальном направлении; 7 – мессдозы для измерений давления в горизонтальном направлении; X_1, X_2, X_3, X_4 – активные факторы (внешнее давление q_0 , давление преднатяжения грунта q , удаление кольцевой системы преднатяжения от дневной поверхности грунта h , высота H кольцевой системы армирования) исследуемые ММПЭ для оценки их влияния на деформирование грунтового основания

Анализ полученной математической модели свидетельствует о том, что самое большое влияние на ожидаемую усредненную осадку гибкого штампа оказывает X_1 , то есть интенсивность внешней нагрузки q_0 . При этом, как показывает знак у коэффициента корреляции, с увеличением нагрузки, осадка грунтового основания увеличивается.

На втором месте по степени влияния находится высота элемента армирования грунта H , в нашем случае X_4 . При этом исходя из знака, чем больше высота элемента армирования, тем

меньше ожидаемая осадка.

На третьем месте по степени влияния на осадку грунтового основания находится удаление элемента армирования от дневной поверхности X_3 . При этом, чем больше удаление исследуемой системы армирования грунта от дневной поверхности, тем выше становится осадка загружаемого основания.

Наконец, на четвертом месте по интенсивности влияния на изучаемый отклик находится интенсивность преднапряжения грунта внутри исследуемого массива q , в рассматриваемом случае X_2 . При этом, чем больше интенсивность горизонтального давления преднапряжения грунта, тем меньше ожидаемая усредненная осадка исследуемого грунта.

Детальный анализ полученных результатов позволил установить очень высокую эффективность предложенного метода активного кольцевого армирования слабых грунтов, достигающих в отдельных случаях более чем сорокакратного уменьшения осадки дневной поверхности исследуемого армированного грунтового основания по сравнению с неармированным.

Выполненные исследования позволили автору создать новый класс активного кольцевого армирования грунта и новую конструкцию нетрадиционных кольцевых фундаментов, несущей способностью и эксплуатационной надежностью которых можно эффективно и целенаправленно управлять с целью предотвращения любых потенциально возможных аварийных или предаварийных ситуаций исследуемых объектов.

Предложенный метод активного кольцевого армирования слабых грунтов даст возможность на практике создать абсолютно новое поколение интеллектуально-разумных строительных объектов с управляемой эксплуатационной надежностью, что позволит вывести всю отечественную строительную индустрию на инновационный путь развития.

Литература

1. Научно-технический журнал «Реконструкция городов и геотехническое строительство». Под ред. В.М.Улицкого. – М.: Издательство АСВ, – Санкт-Петербург, 2003-2004. – 268с.
2. Сорочан Е.А. Фундаменты промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1986. – 333с.
3. Сорочан Е.А. Строительство сооружений на набухающих грунтах. – М.: Стройиздат, 1989. – 312с.
4. Абелев М.Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. – М.: Стройиздат, 1983. – 248с.
5. Справочник проектировщика Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общ. ред. Е.А. Сарочан, Ю.Г. Трофименкова. – М.: Стройиздат, 1985. – 480с.
6. Ковшов В.А. Постановка инженерного эксперимента.– Киев-Донецк: Высшая школа, 1982. – 120 с.

**Аэрогели и наноматериалы в строительстве атомных электростанций:
революция в строительной изоляции и противопожарной защите зданий**

Кочетова Дарья Алексеевна, студент направления «Строительство»;
Перепелятникова Кристина Дмитриевна, студент направления «Строительство»;
Ткачев Владимир Григорьевич, кандидат технических наук, доцент
Волгодонский инженерно-технический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Волгодонск

В статье проведен комплексный анализ потенциала применения аэрогелей и наноматериалов в строительстве объектов атомной энергетики. Рассмотрены уникальные свойства данных материалов, такие как сверхнизкая теплопроводность, высокая термостабильность и огнестойкость. Детально описаны практические аспекты их использования для теплоизоляции критически важного оборудования, пассивной противопожарной защиты конструкций и герметизации защитных оболочек. Показано, что внедрение нанокомпозитных решений позволяет существенно повысить безопасность, энергоэффективность и эксплуатационную надежность атомных электростанций, знаменуя собой революционный переход к новым стандартам в области строительной изоляции.

Строительство и эксплуатация атомных электростанций сопряжены с одними из самых строгих требований в инженерной практике. Ключевыми аспектами являются обеспечение максимальной радиационной и противопожарной безопасности, энергоэффективности и долговечности конструкций в условиях экстремальных температур и потенциальных аварийных ситуаций. [1]

Традиционные изоляционные материалы, такие как минеральная вата или вспененные пластики, зачастую достигают предела своих возможностей, особенно когда речь идет о сложных геометрических формах оборудования, необходимости экономии пространства или защите от сверхвысоких температур.

На этом фоне появление и коммерциализация аэрогелей — материалов с уникальной структурой, полученной путем замещения жидкости в геле газом — открыло новую эру в строительной изоляции. В сочетании с другими наноматериалами они формируют технологический базис для настоящей революции в области изоляции и противопожарной защиты критически важных объектов, к которым, безусловно, относятся АЭС.

1. Аэрогели: «Застывший дым» на службе атомной энергетики.

Аэрогели, часто называемые «застывшим дымом» из-за своего полупрозрачного вида, являются самыми легкими твердыми материалами в мире. Их рекордные характеристики обусловлены нанопористой структурой, где до 99.8% объема занимает воздух, заключенный в сеть частиц диоксида кремния, углерода или других оксидов размером в несколько нанометров. [2]

Ключевые свойства, критически важные для АЭС:

- Сверхнизкая теплопроводность (0.010–0.025 Вт/м·К): Аэрогели являются лучшими твердыми теплоизоляторами, известными человечеству. [2] Их эффективность в 2-4 раза выше, чем у традиционной минеральной ваты. Это позволяет создавать тонкослойные изоляционные оболочки для трубопроводов первого контура, парогенераторов, систем аварийного охлаждения, что экономит ценное пространство внутри защитных оболочек (контейнеров – защитных оболочек ядерного реактора);
- Термостабильность: Силикатные аэрогели сохраняют свои свойства в диапазоне от -200°C до $+650^{\circ}\text{C}$, а специальные композиции — и до $+1200^{\circ}\text{C}$. Это незаменимо для изоляции оборудования, работающего в режимах от криогенных температур (системы хранения газов) до высокотемпературных (паровые турбины);
- Гидрофобность: Современные аэрогели обладают выраженными водоотталкивающими свойствами. Это исключает намокание изоляции, потерю ее своих характеристик и коррозию подложки, что является частой проблемой традиционных материалов в условиях повышенной влажности на АЭС;
- Прочность и долговечность: Несмотря на хрупкость монолитных форм, аэрогели, армированные волокнами и интегрированные в маты, становятся гибкими и механически стойкими материалами, способными выдерживать вибрации и умеренные механические воздействия в течение всего срока службы станции (60+ лет).

2. Практическое применение аэрогелей в конструкциях АЭС.

2.1. Теплоизоляция систем высокого давления и температуры

Трубопроводы первого и второго контуров, парогенераторы, корпус реактора — все эти элементы требуют высокоэффективной изоляции для минимизации тепловых потерь и обеспечения безопасности персонала. [3] Тонкие (10-20 мм) покрытия на основе аэрогелевых матов позволяют добиться лучших результатов, чем громоздкие конструкции из традиционных материалов, обеспечивая при этом легкий доступ для инспекции и технического обслуживания.

2.2. Огнезащита и пассивная противопожарная безопасность.

Способность выдерживать экстремально высокие температуры делает аэрогели идеальным материалом для пассивной огнезащиты: [4]

- Огнезащитные перегородки и облицовка: Плиты на основе аэрогелей могут использоваться для создания огнестойких дверей, облицовки стен и кабельных каналов в помещениях с повышенной пожарной опасностью. Они способны сдерживать распространение огня в течение нескольких часов;
- Защита кабельных трасс: При пожаре выход из строя систем управления и аварийного питания катастрофичен. Покрытие критически важных кабельных пучков аэрогелевыми матами предохраняет их от перегрева и позволяет системам безопасности функционировать в

течение расчетного времени.

2.3. Герметизация проходок и сложных узлов

Уникальная гибкость аэрогелевых матов позволяет герметично и эффективно изолировать сложные узлы, места ввода труб и кабелей через стены контейнера (стены защитной оболочки ядерного реактора). Это обеспечивает сохранение целостности защитной оболочки как барьера на пути распространения радиации и радиоактивных веществ в случае аварии.

3. Синергия с другими наноматериалами. Создание композитных систем.

Революция заключается не только в аэрогелях самих по себе, но и в их комбинации с другими наноматериалами: [5]

- Нанотрубки и нановолокна: Добавление углеродных нанотрубок или керамических нановолокон в композиты на основе аэрогелей позволяет значительно повысить их механическую прочность и термостойкость, создавая материалы, способные выдерживать даже более жесткие условия;
- Наноструктурированные покрытия: Огнезащитные краски и покрытия, содержащие наночастицы (например, нанокремнезем), образуют при нагревании прочный, вспененный, термостойкий керамический слой. [6] Нанесенные на металлические конструкции (балки, фермы), они многократно повышают их предел огнестойкости, предотвращая обрушение несущих конструкций при пожаре;
- Умные композиты: Ведутся разработки композитов, которые меняют свои свойства в ответ на внешние воздействия. [7] Например, материал, который при нормальных условиях обладает высокой теплоизоляцией, а при резком скачке температуры упрочняется и дополнительном вспенивается, герметизируя поврежденный участок.

4. Преимущества и перспективы внедрения

Экономические и эксплуатационные выгоды:

- Сокращение объемов и массы: Уменьшение толщины изоляции высвобождает пространство, что позволяет проектировать более компактные и, следовательно, менее материалоемкие здания АЭС;
- Снижение тепловых потерь: Повышение КПД энергоблока за счет минимизации потерь тепла; [8]
- Сокращение сроков строительства: Легкие и простые в монтаже материалы ускоряют процесс изоляции;
- Снижение затрат на жизненный цикл: Долговечность и стабильность свойств аэрогелей снижают потребность в замене и обслуживании изоляции.

Перспективы. Будущее видится в создании «умной» защитной оболочки, где аэрогели и нанокомпозиты будут не только изолировать, но и выполнять функции мониторинга (например, за счет внедрения сенсорных нановолокон, регистрирующих механические напряжения, температуру, уровень радиации) и даже самоуплотняться в случае микротрешин. [9]

Внедрение аэрогелей и наноматериалов в строительство атомных электростанций — это не просто эволюционный шаг, а качественный скачок, меняющий парадигму обеспечения безопасности и эффективности. Эти материалы предлагают беспрецедентное сочетание сверхнизкой теплопроводности, высокой термостойкости и отличных огнезащитных свойств в легком и долговечном формате.

Преодолевая ограничения традиционных изоляционных технологий, они вносят прямой вклад в повышение устойчивости АЭС к внешним и внутренним воздействиям, что является краеугольным камнем дальнейшего развития безопасной и чистой атомной энергетики в мире. [10]

Революция в изоляции и противопожарной защите зданий АЭС уже началась, и ее главными движущими силами являются материалы, рожденные в мире нанотехнологий.

Литература

1. Григорьев Е.И. Аэрогели: синтез, свойства, применения / Е.И. Григорьев, А. М. Пучков. – Долгопрудный: Интеллект, 2021 г. – Текст: непосредственный
2. Аэрогели: свойства и применение – А.П. Капушкин, «Нанотехнологии в материаловедении», М.: Наука, 2020 г. – 53 с. – Текст: непосредственный.
3. Сидоров В.К. Огнезащита строительных конструкций: современные материалы и методы: монография / В.К. Сидоров. – Санкт-Петербург: Лань, 2022 г. – 180 с. – Текст: непосредственный.
4. Сидоров В.К. Огнезащита строительных конструкций: современные материалы и методы: монография / В.К. Сидоров. – Санкт-Петербург: Лань, 2022 г. – 180 с. – Текст: непосредственный.
5. Иванов А.П. Нанотехнологии в строительстве: материалы и применение: учебное пособие / А.П.Иванов, Е.С. Петрова; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». – Москва: НИЯУ МИФИ, 2021. – 215 с. – Текст: непосредственный.
6. Наноматериалы в огнезащитных покрытиях – В.И. Кудрявцев, «Наноструктурированные композиты для термозащиты», – СПб.: Химия, 2019 г. – 115 с.
7. Смирнов В.П., Лебедев Л.А. «Огнезащитные композиты на основе наномодифицированных материалов». – М.: Стройиздат., 2020 г. – 205 с. – Текст: непосредственный.
8. Строительные нормы и стандарты – СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (актуализированная редакция СНиП 23-02-2003). (Требования к теплоизоляционным материалам, включая инновационные решения).
9. Фаликман В.Р. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве строительных материалов // Строительные материалы. 2013 г. № 9. С. 77-81.
10. Федосов А.В. Материаловедение в ядерной энергетике: учебник для вузов / А.В. Федосов, Т. Н. Кузнецова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2021 г. – 487 с. – Текст: непосредственный.

Требования к ограждающим конструкциям для зданий и сооружений АЭС

Магеррамова Инна Александровна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Магеррамов Рауф Алигусейнович, доцент, заведующий кафедрой «Атомная энергетика»;

Магеррамова Арина Рауфовна, студентка специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Магеррамова Эллада Рауфовна, студентка направления «Теплоэнергетика и теплотехника»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального

государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье рассматриваются ограждающие конструкции, применяемые для строительства АЭС, особенности проектирования ограждающих конструкций, а также требования к строительным материалам, применяемым для их строительства.

Защитная функция ограждающих конструкций на АЭС заключается в обеспечении безопасности персонала, населения и окружающей среды, как при штатной работе станции, так и при различных нештатных ситуациях, включая проектные и запроектные аварии. Особое внимание уделяется герметичным ограждениям, защищающим пространство вокруг реакторных установок и других объектов, содержащих радиоактивные материалы.

Защитные конструкции представляют собой специальные сооружения, которые не только обеспечивают базовую несущую и ограждающую функцию, но и служат надёжным барьером против опасных ионизирующих излучений. Они защищают от нейтронов в непосредственной близости от реакторного корпуса, а также от гамма-излучения (гамма-квантов-фотонов) [1].

Такие защитные сооружения являются неотъемлемой частью инфраструктуры зоны контролируемого доступа. Они создают безопасную среду в помещениях и зданиях, где существует потенциальный риск радиационного воздействия на персонал.

Ключевые требования к конструкциям.

Бетонные конструкции, эксплуатируемые в условиях воздействия водных растворов или служащие ограждением помещений с возможным избыточным давлением и накоплением жидких радиоактивных сред, должны выполняться из бетона марки по водонепроницаемости не ниже W8.

Внутренние поверхности железобетонных конструкций бассейнов выдержки отработавшего ядерного топлива и бассейнов перегрузки ядерного топлива, находящихся под воздействием жидкой радиоактивной среды, должны быть облицованы сталью аустенитного класса [2, 3].

Герметичные поддоны из стали аустенитного класса обязательны для строительных конструкций I и II категории, ограждающих помещения с ёмкостями для жидких радиоактивных сред.

Особенности проектирования. [4, 5]

При проектировании ограждающих конструкций учитываются:

- Воздействия природного и техногенного характера для конструкций категории I.
- Размещение температурных, деформационных и антисейсмических швов.
- Выбор типа и шага анкеровки облицовки с учётом устойчивости при различных нагрузках.

Специфика проектирования.

Конструктивные решения включают:

- Применение специальных радиационно-защитных бетонов повышенной плотности.
- Использование унифицированных сборных железобетонных и стальных конструкций.
- Монтаж облегчённых навесных панелей для стен.
- Обеспечение жёсткости каркаса с помощью поперечных и продольных рам.
- Применение материалов, устойчивых к ионизирующему излучению.
- Использование жаростойких бетонов и систем охлаждения для конструкций с длительным нагревом.
- Выполнение поверхностей конструкций с учётом требований к дезактивации и осмотру.

Требования к материалам строительных конструкций.

При строительстве атомных электростанций предъявляются особые требования к строительным материалам и конструкциям, обеспечивающие безопасность эксплуатации объекта. Рассмотрим ключевые аспекты этих требований.

Особое внимание уделяется составу бетонных смесей, которые должны соответствовать строгим параметрам безопасности. В частности, запрещается использование химических и минеральных добавок, способных спровоцировать: коррозионные процессы в арматуре, разрушение облицовочных материалов, повреждение закладных элементов, снижение радиационной устойчивости бетона [6].

Все строительные материалы, которые в процессе эксплуатации подвергаются воздействию ионизирующего излучения, должны сохранять свои эксплуатационные характеристики на протяжении всего срока службы атомной станции.

Покрытия, используемые в помещениях зоны контролируемого доступа, должны обладать комплексом важных свойств:

- надёжным сцеплением с поверхностями конструкций;
- устойчивостью к радиационному воздействию;
- термической стабильностью;
- сопротивляемостью ударным нагрузкам;
- устойчивостью к дезактивирующему растворам.

Использование полимерных герметиков должно обеспечивать: сохранение проектной герметичности помещений при штатных условиях работы, поддержание герметичности при

нештатных ситуациях; сохранение защитных свойств при проектных авариях

Строительные конструкции, которые выполняют функции биологической защиты, должны обеспечивать снижение интенсивности ионизирующих излучений в помещениях АЭС до значений, установленных в санитарно-эпидемиологических правилах и нормативах (рис. 1).



Рис. 1. Критерии соответствия строительных материалов для АЭС

Расчётные методы

Для определения прочности и устойчивости конструкций применяются:

- Линейно-спектральный метод для анализа напряжённо-деформированного состояния;
- Динамический метод с использованием акселерограмм для сейсмостойких конструкций;
- Учёт пластических деформаций и трещинообразования.

Система контроля

Эксплуатационный контроль включает (рис.2):

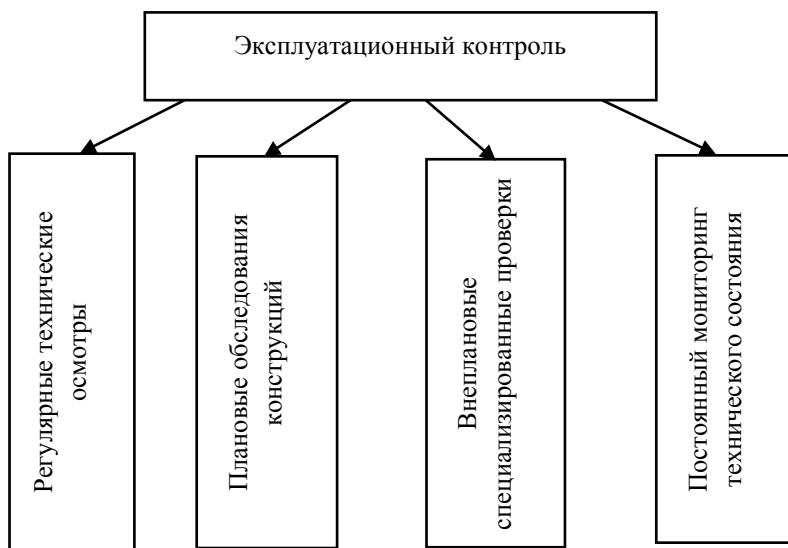


Рис. 2. Состав эксплуатационного контроля

На основании представленной информации можно сделать следующие выводы:

1. Защитные конструкции на атомных электростанциях играют критически важную роль в обеспечении безопасности, выступая надёжным барьером между потенциально опасными зонами и окружающей средой.

2. Многоуровневая система защиты включает как пассивные (бетонные и стальные конструкции), так и активные элементы безопасности, работающие в комплексе для предотвращения радиационного воздействия.

3. Высокие технические требования к материалам и конструкциям обеспечивают их долговечность и надёжность в различных условиях эксплуатации, включая экстремальные ситуации.

4. Комплексный подход к проектированию учитывает множество факторов:

- радиационную защиту;
- сейсмическую устойчивость;
- герметичность помещений.

Соблюдение всех указанных требований обеспечивает надёжную защиту персонала, населения и окружающей среды при эксплуатации атомных электростанций. Особое внимание уделяется радиационной стойкости материалов и герметичности конструкций.

Литература

1. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Требования по безопасности к строительным конструкциям зданий и сооружений атомных станций» (НП-041-22), утвержденные приказом Ростехнадзора от 26.12.2022 № 464.

2. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03), утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.04.2003 № 69 (зарегистрировано в Минюсте РФ 26.05.2003 № 4593).

3. Свод правил СП 27.13330.2017 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур», утвержденный приказом Минстроя России от 15.05.2017 № 786/пр.

4. ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия».

5. Федеральный закон от 21.11.1995 № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии».

6. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (Федеральный закон № 384-ФЗ).

УДК 624.014

Разновидности купольных покрытий зданий и сооружений

Ращепкина Светлана Алексеевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Винокурова Анастасия Андреевна, студентка направления «Строительство»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

Проводится анализ различных купольных покрытий зданий и сооружений, являющихся одними из древнейших и наиболее выразительных элементов архитектуры. Рассматривается историческая эволюция купола от античных времен до наших дней. Основное внимание уделено классификации купольных покрытий по материалу, геометрическим и конструктивным признакам. Исследуются структурные принципы, преимущества, недостатки и области применения куполов различных конструктивных решений.

Купол, как архитектурная форма, представляет собой пространственную несущую конструкцию, которая в идеальном случае близка к оболочке вращения и передает нагрузки в основном через работу на сжатие по касательной к своей кривизне. Его появление и развитие стало одним из ключевых достижений в истории мировой архитектуры, позволившим перекрывать огромные пространства без внутренних опор, создавая величественные и эстетически завершенные интерьеры [1-6].

Целью данной статьи является систематизация знаний о разновидностях купольных покрытий на основе комплексной классификации по материалу, геометрическим и конструктивным признакам.

Исторически купола развивались от простых сводов (ступенчатые купола Древнего Египта и Месопотамии) к настоящим куполам, где кладка работает на сжатие. Революционным стал римский период, где изобретение бетона и использование кирпичной кладки позволили создать такие шедевры, как Пантеон (рис.1) с его диаметром 43,3 метра. Главной проблемой массивного купола является распор – горизонтальная сила, стремящаяся «развалить» основание. Для его погашения римляне использовали массивные стены и кольцевые цепи.

Византийская архитектура (собор Святой Софии в Константинополе) разработала прием перехода от квадратного в плане основания к круглому куполу с помощью парусов. Эпоха Возрождения (купол Санта-Мария-дель-Фьоре во Флоренции, Брунеллески) и Барокко (собор Святого Петра в Риме) совершенствовали технику строительства и форму куполов (рис.2), делая их более высокими и легкими.

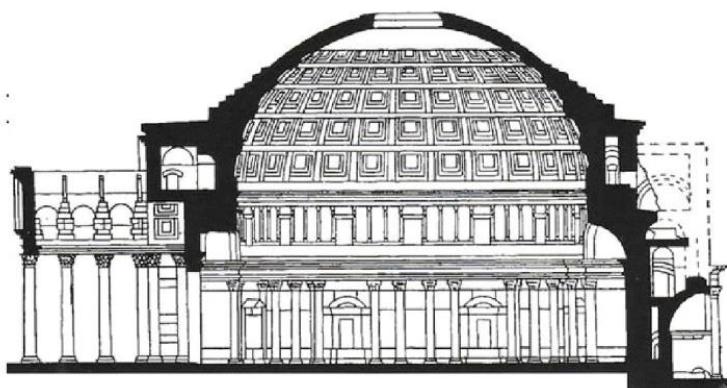
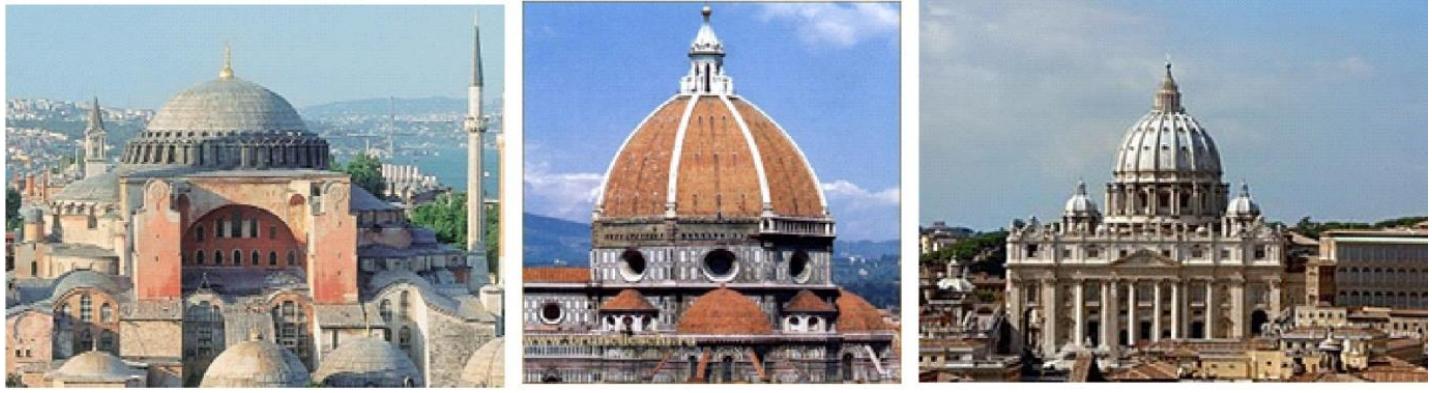


Рис. 1. Древняя архитектура: Рим, Пантеон 128 г. н.э. [5]

Принципиальная работа классического каменного или бетонного купола заключается в создании системы сжимающих напряжений по мере передачи веса к опорам. Современные купола

часто работают и на растяжение, что кардинально меняет их морфологию.



а

б

в

Рис. 2. Византийская архитектура [5]:

а - собор Святой Софии; *б* - купол Санта-Мария-дель-Фьоре; *в* - собор Святого Петра

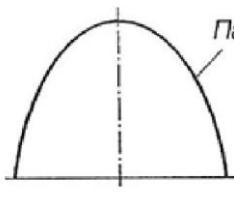
Классификация купольных покрытий:

а) По геометрической форме (рис.3):

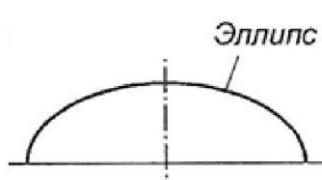
- 1) сферические; классическая и наиболее распространенная форма, сегмент сферы;
- 2) параболические (и гиперболические); образуются вращением параболы или гиперболы; обладают улучшенными структурными свойствами (равномерное распределение напряжений) и часто используются в мембранных конструкциях;
- 3) эллиптические; имеют вытянутую форму, создающую более динамичный визуальный эффект;
- 4) полигональные; в основе лежит не окружность, а многоугольник (например, восьмигранник);
- 5) ребристые («Луковичные»); характерны для русской архитектуры, имеют сложную кривизну, преимущественно декоративную функцию.



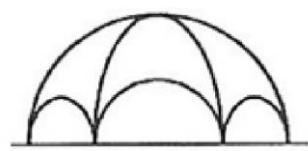
а



б



в



г

Рис. 3. Классификация купольных покрытий по геометрической форме [4]:

а - сферические; *б* - параболические; *в* - эллиптические; *г* - полигональные

б) По конструктивному решению (рис.4):

- 1) ребристые купола состоят из полуарок, опирающихся на нижнее опорное кольцо, которое находится в растянутом состоянии, и на верхнее опорное кольцо, которое находится в сжатом состоянии. Между полуарками устанавливаются прогоны и элементы, которые обеспечивают жесткость конструкции. Такие конструкции используются в сборных куполах диаметром до 70 м.
- 2) ребристо-кольцевые системы состоят из ряда меридиональных ребер, соединенных

кольцевыми элементами. Пространство между ребрами может заполняться более легким материалом (стекло, легкие панели). Кольца работают на сжатие (в нижней части) или на растяжение (в верхней).

- 3) сетчатые купольные оболочки представляют собой двумерный аналог пространственных стержневых систем; они состоят из множества линейных элементов (стержней), соединенных в узлах и образующих сетку на поверхности купола. Сетчатые купола обладают малой массой и высокой несущей способностью.
- 4) волнистые и складчатые купола – это покрытия, имеющие поверхность, состоящую из оболочек двойкой кривизны и складок, сходящихся к полюсу купола. Такие конструкции покрытий применяют диаметром до 80 м. Несмотря на то, что для их изготовления требуется больше материала, чем для гладких куполов, волнистая (складчатая) конструкция имеет ряд преимуществ.
- 5) геодезические купола – это многогранная конструкция, состоящая из граней, которые могут быть треугольными, ромбическими или многоугольными. Все вершины купола расположены на поверхности сферы; причем все элементы геодезического купола имеют одинаковую форму.

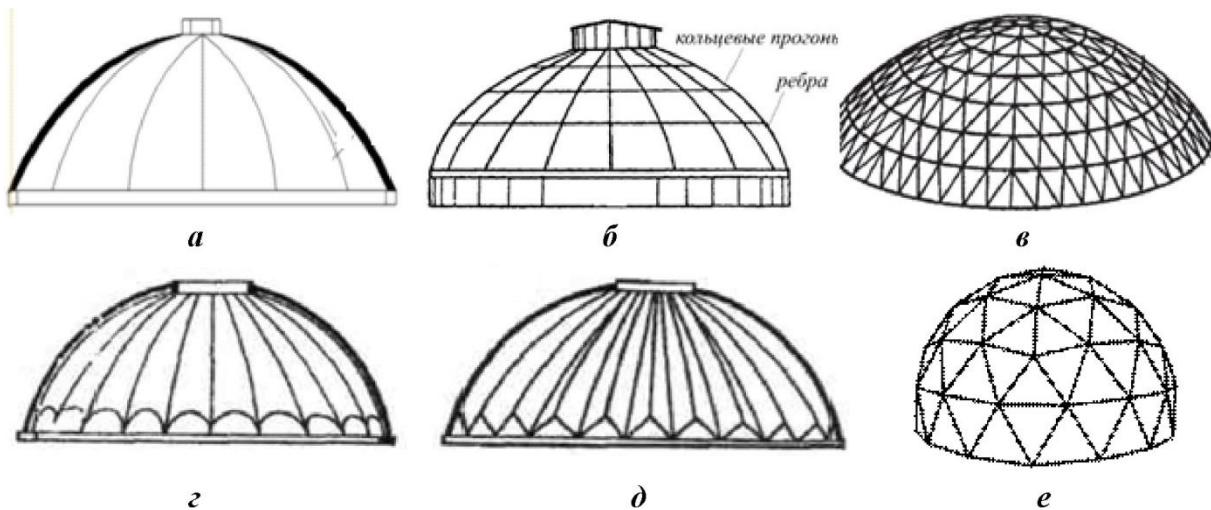


Рис. 4. Классификация куполов по конструктивному решению [3, 4]:
 а – ребристый; б – ребристо-кольцевой; в – сетчатый; г – волнистый;
 д – складчатый; е – геодезический

в) По материалам (рис. 5):

- 1) купола каменные и кирпичные; это исторические купола; они массивные;
- 2) железобетонные купола; они выполняются сборные или монолитные; применяются преимущественно для ребристых куполов;
- 3) стальные купола; применяются в виде сетчатых, ребристо-кольцевых систем;
- 4) алюминиевые купола; это легкие конструкции, часто применяются для геодезических куполов;
- 5) деревянные купола; в основном применяются kleеные конструкции, в виде решетчатых

систем;

- 6) купола из полимерных композитных материалов; это преимущественно светопрозрачные купола.



Рис. 5. Классификация купольных покрытий по применяемым материалам [4]:
а - каменные; б - железобетонные; в - стальные; г - алюминиевые; д - деревянные;
е - полимерные композитные материалы

Хорошим примером применения геодезического купола служит покрытие в ботаническом саде в Сент-Луисе, США (рис. 6, а), высота которого равна 21м, а диаметр 53м. Ярким примером устройства складчатого купола является большая крытая арена в Шампейне, США (рис. 6, б).

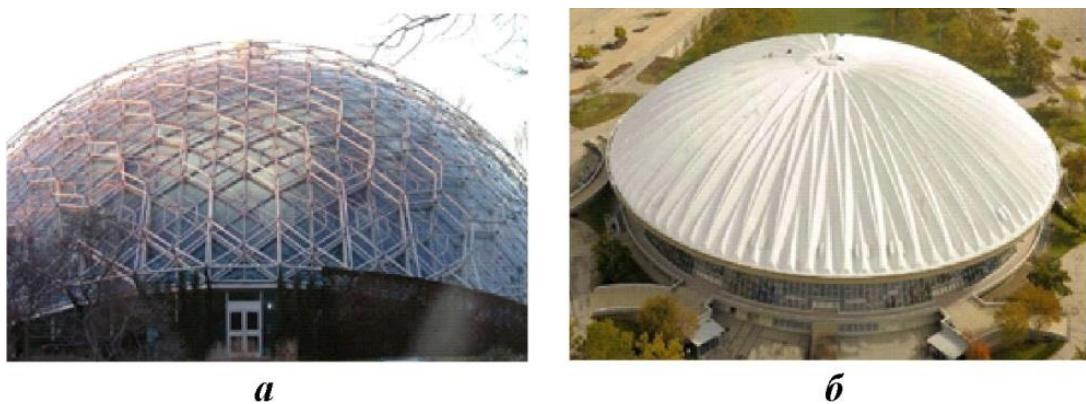


Рисунок 6. Применение куполов [4]:
а – ботанический сад; б – крытая арена

На основе приведенного краткого обзора разновидностей современных куполов авторами был выполнен их анализ по наиболее распространенным типам (табл. 1).

Как видно из табл.1 указанные разновидности куполов имеют достоинства, недостатки. Рассмотренные купольные покрытия нашли широкое применение в гражданских и промышленных зданиях и сооружениях.

В табл. 2 приведены основные показатели купольных сетчатых покрытий для крупноразмерных вертикальных цилиндрических резервуаров (РВС).

Таблица 1

Сравнительный анализ конструктивных типов куполов [1, 2]

Тип конструкции	Принцип работы	Преимущества	Недостатки	Применение
Массивный железобетонный купол	Сжатие оболочки	Простота концепции, долговечность, огнестойкость	Большой вес, массивные опоры, сложность возведения	Исторические здания, резервуары, религиозные сооружения
Ребристо-кольцевой стальной купол	Сжатие меридиональных ребер, растяжение нижнего кольца /сжатие верхнего	Меньший вес, чем у оболочки, возможность остекления	Сложность изготовления узлов	Цирки, планетарий, общественные здания
Геодезический купол	Работа стержней на сжатие/растяжение	Максимальная легкость при огромных пролетах, устойчивость, простота монтажа	Большое количество однотипных элементов, сложность герметизации	Выставочные павильоны, климатические купола, обсерваторий

Таблица 2

Расход металла на купольные сетчатые покрытия РВС [6]

Объем резервуара (РВС), м ³	Диаметр купола D, м	Купольное сетчатое покрытие РВС из алюминиевых элементов	
		Расход металла, G, тонн	Удельный расход металла, q, кг/м ²
10000	28,5	10,20	11,12
10000	34,2	14,69	15,99
20000	39,9	20,00	16,01
30000	45,6	26,12	16,02

На рис. 7 представлены гистограммы расхода металла на сетчатые купола разных диаметров, анализ которых показал следующее:

- с увеличением диаметра купола расход алюминия заметно увеличивается;
- удельный расход металла при увеличении диаметра купола изменяется незначительно;
- при диаметре 2850 см расход алюминия на один квадратный метр площади резервуара наименьший.

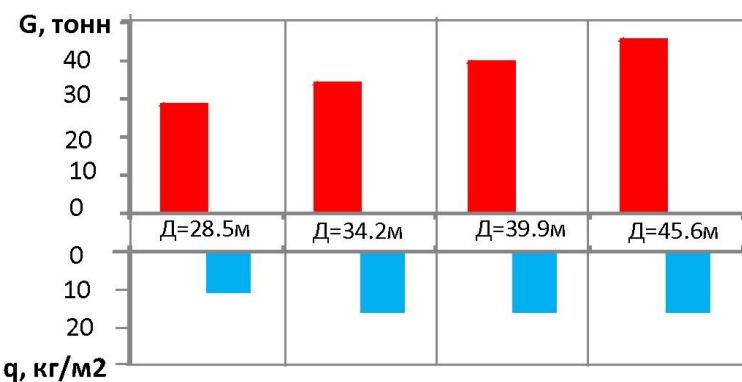


Рис. 7. Зависимость «Диаметр сетчатого купола – расход алюминия»

Современное проектирование купольных покрытий и сооружений имеет несколько ключевых тенденций их дальнейшего развития:

- Параметрическое и вычислительное проектирование (BIM). Позволяет оптимизировать форму и структуру купола на основе алгоритмов, учитывающих нагрузки, материалы. Это дает возможность создавать сложные нерегулярные сетки и уникальные архитектурные формы.

- Развитие smart-материалов. Использование самовосстанавливающихся бетонов, фотохромных и термохромных стекол, интегрированных фотоэлектрических элементов (превращающих купол в источник энергии) и мембран с изменяемой прозрачностью.
- Экологичность и энергоэффективность. Купола идеально подходят для создания энергоэффективных зданий благодаря уменьшению отношения площади поверхности к объему. Широко используется пассивное солнечное отопление, естественная вентиляция и сбор дождевой воды.
- Роботизированное производство и возведение. 3D-печать элементов купола и использование роботов-сборщиков для монтажа сложных структурных узлов.

Следует отметить, что многообразие разновидностей куполов – от массивных сводов до куполов различного конструктивного решения – демонстрирует гибкость и адаптивность этой архитектурной формы. Развитие цифровых технологий и новых материалов открывает новую главу в истории куполов, позволяя создавать не только более эффективные, но и интеллектуальные, адаптивные и устойчивые структуры, которые будут определять облик архитектуры будущего.

Рассмотренные купола обладают уникальным структурным поведением, диктуют свои требования к материалам, методам расчета и способам строительства. Показано, что купол прошел впечатляющий эволюционный путь от символа небесного свода в древних храмах до высокотехнологичного, экономичного и экологичного покрытия современных многофункциональных комплексов. Приводится классификация купольных покрытий по различным признакам: по материалу, геометрическим и конструктивным признакам. Исследуются их структурные принципы, указываются преимущества, недостатки и области применения. Отмечается, что выбор оптимальной конструкции купола является важной задачей при проектировании и строительстве уникальных зданий и сооружений.

Литература

1. Несущие конструкции зданий и сооружений. Пространственные конструкции / В.Н. Гордеев, М.Х. Ланда, В.А. Пчелинцев и др. – М.: АСВ, 2015. – 424 с.
2. Кривошапко С.Н. Сетчатые оболочки: Теория, методы расчета, оптимизация / С.Н. Кривошапко – М.: Универсальная книга, 2010. – 512 с.
3. Ланцев В.В. Общественные здания / В.В. Ланцев. – Псков: ПГПИ, 2010. – 62с.
4. Купола. – URL: <https://studfile.net/preview/5230040/page:31/> (дата обращения 19.09.2025).
5. Архитектура Византии. Исторические условия и особенности развития архитектуры. – URL: <https://studfile.net/preview/9453564/> (дата обращения 19.09.2025).
6. Денисова А.П. Вариантное проектирование стальных конструкций / А.П. Денисова, Д.В. Лахметкин, О.В. Котова. – Саратов: СГТУ, 2009. – 99 с.

СЕКЦИИ 4
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ
В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

УДК 691.32

**Исследование влияния хлоридных примесей
в бетонных материалах для атомных электростанций**

Кудрявая Екатерина Андреевна, студент направления «Химическая технология»;

Герасимова Виктория Михайловна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Физика и естественнонаучные дисциплины»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет» МИФИ», г. Балаково

В статье исследуется содержание хлоридных ионов в цементе – ключевом компоненте бетонных конструкций. Проанализированы две марки цемента на наличие хлоридных примесей. Установлено, что концентрация хлоридов в обоих образцах превышает допустимые нормы, что может негативно сказаться на долговечности и коррозионной стойкости железобетонных конструкций.

Бетонные конструкции играют ключевую роль в проектировании и эксплуатации атомных электростанций (АЭС) благодаря высокой прочности, плотности и радиационной стойкости. Однако их долговечность может существенно снижаться под воздействием агрессивных компонентов окружающей среды, в первую очередь – хлоридных ионов. Источниками хлоридов в бетоне могут быть как внешние факторы (морская вода, противогололёдные реагенты), так и компоненты самого бетона: цемент (при использовании хлорсодержащих добавок в производстве), заполнители (особенно природные, добытые в прибрежных или солёных зонах) и химические добавки (например, ускорители схватывания на основе хлоридов) [1].

Хлоридные ионы оказывают комплексное деструктивное воздействие на железобетон. Проникая через поровую структуру бетона, они разрушают пассивный оксидный слой на поверхности стальной арматуры, инициируя коррозионные процессы. В результате снижаются несущая способность и долговечность конструкции. Кроме того, коррозионные продукты увеличиваются в объёме, что вызывает внутренние напряжения и образование трещин, способствующих дальнейшему проникновению агрессивных агентов.

Исследования в области строительных материалов подтверждают, что хлориды оказывают значительное влияние на физико-химические свойства бетона, что делает их изучение особенно

актуальным для обеспечения безопасности и долговечности конструкций атомных электростанций.

В связи с повышенными требованиями к безопасности и надёжности на АЭС применяются специальные виды бетона, в частности тяжёлый бетон с высокой плотностью и радиационной защитой. Качество исходных материалов, включая цемент, напрямую влияет на эксплуатационные характеристики таких конструкций [2 – 4].

Поскольку доступ к специализированным цементам, используемым на АЭС, оказался ограничен, в рамках настоящего исследования были проанализированы две распространённые марки общестроительного цемента, реализуемые на розничном рынке.

Целью работы является анализ хлоридных примесей в цементе различных марок.

Бетон представляет собой композиционный материал, состоящий из вяжущего (цемента), мелкого и крупного заполнителей, а также воды. Цемент, как гидравлическое вяжущее, определяет основные физико-механические свойства бетона.

Лабораторное исследование включало 3 этапа работы: подготовка пробы; проведение анализа титриметрическим методом, основанным на осаждении хлор-иона избытком азотнокислого серебра с последующим обратным титрованием этого избытка роданистым аммонием в присутствии индикатора – железоаммонийных квасцов; обработка результатов. Методика эксперимента соответствует ГОСТ 31108-2020 «Цементы общестроительные. Технические условия».

На первом этапе работы предварительно было установлено объёмное соотношение между концентрациями растворов азотнокислого серебра и роданистого аммония. Коэффициент соотношения вычислялся по формуле (1) и составил 1,0:

$$K = \frac{10}{V_{cp}}, \quad (1)$$

где V_{cp} – среднее арифметическое значение объема раствора роданистого аммония, пошедшего на титрование 10 см^3 раствора азотнокислого серебра, см^3 .

Далее определялся титр раствора азотнокислого серебра по формуле (2):

$$T_{Cl^-} = \frac{0,0035 \cdot V}{V_1 - V_{cp} \cdot K} \quad (2)$$

где $0,0035$ – масса хлор-иона, соответствующая 1 см^3 раствора азотнокислого серебра, г; V – объем раствора хлористого натрия (калия), взятый на титрование, см^3 ; V_1 – объем раствора азотнокислого серебра, взятый на осаждение хлор-иона, см^3 ; V_{cp} – среднее арифметическое значение объема раствора роданистого аммония, пошедшего на титрование избытка азотнокислого серебра, см^3 .

Титр раствора составил 0,0071.

Пробы цемента растворяли в азотной кислоте без спекания. К полученному раствору добавляли избыток нитрата серебра и индикатор, после чего проводили обратное титрование роданистым аммонием до появления устойчивой красновато-коричневой окраски.

Результаты титрования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные титрования

Средний объем раствора	Образец № 1	Образец № 2
$V_{1\text{ cp}}$	25,4	30,7
$V_{2\text{ cp}}$	27,5	29

Массовую долю хлор-иона в процентах рассчитывали по формуле (3):

$$X_{\text{Cl}^-} = \frac{T_{\text{Cl}^-} - (V_1 - V_{\text{cp}} \cdot K)}{m} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где V_1 – объем раствора азотнокислого серебра, взятый на осаждение хлора, см^3 ; V_2 – объем раствора роданистого аммония, пошедшего на титрование избытка азотнокислого серебра, см^3 ; m – масса навески пробы, г.

Содержание в исследованных образцах хлор-иона составила 1,42 % и 1,36 % соответственно.

Согласно требованиям стандарта ГОСТ 31108-2020, предельно допустимое содержание хлорид-иона в цементе составляет 0,1 %, тогда как полученные экспериментальные значения составили 1,42 % и 1,36 %, существенно превышая установленную норму.

Полученные данные подтверждают необходимость строгого контроля качества уровня хлоридных примесей в бетонных конструкциях, особенно при строительстве объектов с повышенными требованиями к долговечности и безопасности, таких как АЭС. Превышение нормативного содержания хлоридов создаёт риск ускоренной коррозии арматуры, снижения прочности и сокращения срока службы конструкций.

Для минимизации указанных рисков рекомендуется:

- использовать цементы с гарантированно низким содержанием хлоридов;
- внедрять системы мониторинга технического состояния конструкций;
- применять антакоррозионные покрытия и ингибиторы коррозии.
- В перспективе целесообразно продолжить исследования в следующих направлениях:
- оценка физико-механических и химических свойств цементов с различным содержанием хлоридов;
- изучение коррозионной стойкости защитного слоя бетона в условиях хлоридной агрессии.

Таким образом, контроль хлоридных примесей должен осуществляться на всех этапах жизненного цикла бетонной конструкции – от проектирования и подбора материалов до эксплуатации и технического обслуживания. Только комплексный подход обеспечит требуемую надёжность и безопасность объектов атомной энергетики.

Литература

1. Бетоны нового поколения для ядерной энергетики и промышленности России. – URL: https://elib.biblioatom.ru/text/atomnaya-energiya_t78-2_1995/p127/ (дата обращения: 15.10.2025).

2. Касаткин, С. П. Высокоэффективный наномодифицированный бетон повышенной прочности и долговечности / С. П. Ксаткин // Нанотехнологии в строительстве. – 2022. – Т. 14. – № 6. – С. 493-500.
3. Прошин, А. П. Строительные растворы и бетоны для защиты от радиации / А. П. Прошин – Пенза: Изд-во ПГУСА, 2005. – 288 с.
4. Комаровский, А. Н. Защитные свойства строительных материалов / А. Н. Комаровский. – М.: Атомиздат, 1971. – 238 с.

УДК 338.12

Оценка эффективности цифровых процессов химических режимов атомных станций

Миляева Наталья Владимировна, кандидат экономических наук,

доцент кафедры «Физика и естественнонаучные дисциплины»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В данной статье дана оценка эффективности цифровых процессов химических режимов атомных станций, определены характеристики химических режимов, а также ключевые параметры экономической эффективности цифровых систем с помощью индикативной оценки и проанализированы факторы, оказывающие непосредственное влияние на химические режимы атомных станций.

Атомная энергетика сегодня требует модернизации, цифровизации и повышения конкурентоспособности. Оценка эффективности инноваций критична для стратегических решений и устойчивого развития отрасли.

На современном этапе развития АЭС важна комплексная цифровизация химических режимов. Современные технологии позволяют значительно повысить качество контроля и управления химическими режимами. С 2018 года «Росатом» реализует единую цифровую стратегию (ЕЦС), которая предполагает многоплановую работу по ряду направлений и охватывает глобальные тенденции цифровизации.

Глобальными тенденциями в сфере цифровизации становятся: роботизированные системы, виртуальная реальность, облачные вычисления, искусственный интеллект, беспроводные системы, квантовые вычисления и платформенные решения.

Цифровые системы атомных станций описываются со сложным комплексом параметров, и поэтому их внедрение требует значительного временного промежутка. Причем, качество проектирования и сооружения АЭС оказывает существенное влияние на экономическую эффективность и безопасность последующих этапов ее жизненного цикла [1].

Под понятием «химические режимы атомных станций (АЭС)» понимается система

организационно-технических мер, направленных на обеспечение и поддержание норм качества теплоносителя и водных рабочих сред оборудования и трубопроводов систем АЭС. Цель — минимизировать вредное воздействие химических примесей и коррозии на конструкции, системы и элементы станции, а также уменьшить образование радиоактивных материалов и ограничить выброс химических веществ в окружающую среду. Экспликация химических режимов атомных станций представлена в таблице 1.

Таблица 1

Химические режимы АЭС

Водно-химический режим	Топливно-химический режим	Радиохимический режим
<ul style="list-style-type: none"> Обеспечение целостности физических барьеров. Минимизация коррозионных и коррозионно-эррозионных процессов. Минимальное количество отложений. Учёт мер по предотвращению накопления горючих газов. 	<ul style="list-style-type: none"> Выделение урана и плутония. Концентрация радионуклидов. Химическая переработка растворов. 	<ul style="list-style-type: none"> Подготовка топлива к переработке. Перевод топлива в фазу, из которой будет производиться его химическая переработка. Выделение и очистка целевых компонентов.

Артикулируем в таблицу 2 характеристики и описание двух основных цифровых систем, которые функционируют на современных атомных станциях.

Таблица 2

Цифровые системы химических цехов АЭС

Наименование цифровой системы	Описание
Сенсорные сети	Обеспечивают непрерывный и автоматический контроль показателей, таких как pH и концентрация примесей, с высокой точностью и в режиме реального времени. Такие системы гарантируют своевременное обнаружение отклонений, что сокращает риск аварий.
Интегрированные системы SCADA и DCS	Интеграция автоматических цифровых систем на базе искусственного интеллекта позволяет прогнозировать тенденции изменения химических параметров и автоматически корректировать управление процессами. Интегрированные системы обеспечивают комплексное управление и слаженную работу всех технических компонентов, повышая оперативность и качество контроля.

Процесс цифровизации протекает внутри инновационной системы атомных станций и пронизывает абсолютно все структурные элементы. Сложность организации производства сопряжена с увеличением временного промежутка внедрения новых технологий. Инновационная система атомной станции представляет собой комплексную систему, объединяющую ключевые направления для обеспечения технологического развития (рисунок 1). В неё входят ключевые элементы: блок по управлению инновациями, финансовый сектор, государственные структуры, потребители электроэнергии, перспективные материалы и технологии, а также фундаментальная и прикладная наука. Все компоненты взаимосвязаны и направлены на обеспечение развития концерна [3].

Технологиями реализации цифровизации химических режимов атомных станций являются цифровые двойники, предиктивная аналитика и системы сбора данных.

Для оценки эффективности цифровых процессов химических режимов атомных станций

применена индикативная методика, которая базируется на сводных индексах и интерпретирует временной промежуток в 6 лет.



Рис. 1. Структура инновационной системы атомной станции

Таблица 3

Индикативная оценка эффективности цифровых процессов

Наименование индикатора/ Год	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Индикатор новых знаний	0,735	0,952	0,529	0,631	0,696	0,708
Индикатор преобразования новых знаний	0,535	0,452	0,329	0,531	0,496	0,608
Индикатор диффузии новых знаний	0,835	0,992	0,829	0,731	0,796	0,808

Визуализация индексов предоставляет динамический профиль индекса цифрового развития химических режимов атомных станций. Чем дальше от центра точка паутинной модели, тем благоприятнее среда цифровых процессов. Индикативная оценка цифровых химических режимов атомных станций представлена на рисунке 2.

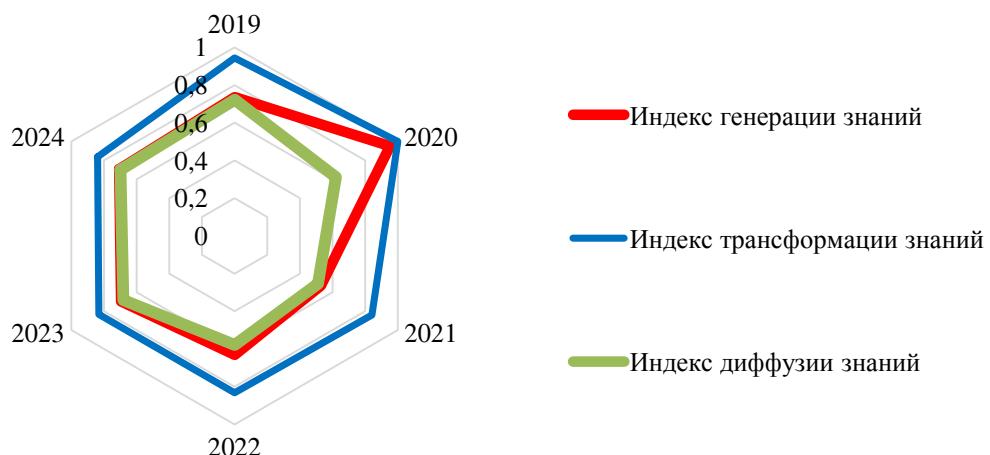


Рис. 2. Индикативная оценка химических режимов атомных станций

В сравнительном анализе традиционных и цифровых методов контроля химических процессов наблюдается яркое преимущество цифровых технологий. Они демонстрируют более высокую скорость получения данных, большую точность измерений и сокращение затрат на длительной перспективе. При этом влияние человеческого фактора значительно снижается, а надежность системы возрастает. Такая динамика обоснована переходом на автоматизированные решения и комплексные программные продукты, оптимизирующие процессы мониторинга и управления, что уже стали стандартом в передовых атомных центрах.

Несмотря на все достоинства цифровых систем, существуют и определённые риски. Качество и достоверность получаемых данных существенно зависят от технического состояния сенсоров, требующего постоянного обслуживания и калибровки, что накладывает требования на инфраструктуру и подготовку персонала. Кроме того, вопросы кибербезопасности становятся критически важными, поскольку цифровые системы могут быть уязвимыми к угрозам информационной безопасности. Интеграция новых цифровых решений с устаревшими технологиями вызывает технологические и организационные сложности, требуя участия высококвалифицированных специалистов для обслуживания и модернизации.

Цифровизация химических режимов ведет не только к повышению безопасности, но и к значительному снижению операционных затрат. Оптимизация процессов способствует продлению срока службы оборудования благодаря своевременному выявлению и устраниению неблагоприятных факторов. Анализ экономических данных подтверждает, что цифровые технологии обеспечивают повышение ресурсной надежности и общую экономическую эффективность, что делает инвестиции в цифровизацию оправданными и перспективными.

В ближайшие годы ожидается дальнейшее развитие технологий искусственного интеллекта и машинного обучения, что позволит повысить точность и адаптивность систем контроля. Планируется расширение спектра интегрированных решений для комплексного мониторинга и автоматизированного управления химическими режимами. Усиление кибербезопасности и разработка стандартов цифровой защиты станут приоритетом, а также повышение уровня квалификации персонала, для обеспечения эффективной эксплуатации новых систем. Этот путь развития будет способствовать устойчивой и безопасной работе атомной энергетики.

Итогом становится то, что цифровизация химических режимов открывает новую эру в управлении атомными станциями. Она существенно повышает точность мониторинга, снижает аварийность и расходы. Внедрение цифровых технологий является ключевым фактором обеспечения устойчивого, безопасного и эффективного функционирования мирного атома в современном мире.

Литература

1. Харитонов В.В., Семенова Д.Ю. Об экономической эффективности цифровизации ядерной энергетики в условиях глобального энергоперехода // Проблемы прогнозирования. 2023. № 2

(197). С. 97-110. — Текст: электронный.

2. Горбатовский, Д. В. Особенности организации водно-химических режимов энергетических систем / Д. В. Горбатовский, Д. В. Беззубенков // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки : сборник статей по материалам CVI студенческой международной научно-практической конференции, Новосибирск, 11 октября 2021 года. Том 10 (105). – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью "Сибирская академическая книга", 2021. – С. 92-96.

3. Баранов А.О., Музыко Е.И., Павлов В.Н. Оценка эффективности инновационных проектов с использованием опционного и нечетко-множественного подходов. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2021 – 336 с. — Текст: электронный.

УДК 620.193.46

Химические методы ингибирования электрохимической коррозии металлов

Половодова Офелия Витальевна, студент направления «Химическая технология»;

Зернышкина Анастасия Александровна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Физика и естественнонаучные дисциплины»;

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

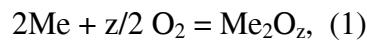
В статье рассматриваются проблемы коррозии металла и методы её предотвращения с использованием ингибиторов коррозии. Проведен информационный обзор существующих ингибиторов, а именно - поглотителей кислорода. Рассмотрены механизмы их действия, достоинства, недостатки, показаны эффективные решения и направления их разработки и применения.

Коррозия представляет собой самопроизвольный процесс разрушения металла под воздействием окружающей среды [1]. Коррозия металлов (КМ) представляет собой одну из самых серьёзных и масштабных проблем современного промышленного производства. Её разрушительное воздействие затрагивает практически все ключевые отрасли экономики, где используются металлические конструкции и оборудование. КМ приводит к экологическим последствиям из-за возможных утечек газа, нефти. Также ухудшается работа бытовой техники, коммуникаций: ржавеют трубы, по которым происходит доставка веществ. Разрушение производственного оборудования вследствие КМ снижает его надежность и эффективность [3]. Экономический ущерб от коррозионных процессов достигает внушительных масштабов, составляя до 10–20% от общего объёма годового производства металлических изделий. В денежном выражении эти потери исчисляются сотнями миллионов рублей, что создаёт серьёзную нагрузку на промышленность и экономику в целом. Жизненный цикл металлических изделий в среднем ограничивается пятнадцатью годами эксплуатации [4]. Однако этот показатель является

усреднённым и может существенно варьироваться в зависимости от различных условий.

Одним из важных факторов, определяющих тип коррозионного процесса, является коррозионная среда — это особая среда, в которой происходит разрушение металлических материалов. Различают следующие типы коррозионных сред: атмосферная (промышленная, городская), жидккая (водные растворы кислот, щелочей, солей), газовые (смесь газов при различных давлениях), почвенные. В процессе коррозии образуются специфические химические соединения, которые принято называть продуктами коррозии. Способность металла противостоять разрушительному воздействию коррозионной среды характеризуется показателем коррозионной стойкости [2].

В зависимости от характера взаимодействия металла со средой выделяют два фундаментальных типа коррозионных процессов: химическая и электрохимическая. Химическая коррозия — процесс разрушения металла, который происходит при прямом химическом контакте с компонентами среды без образования электрического тока. Особенность этого типа коррозии заключается в том, что весь процесс протекает в один этап без разделения на пространственные и временные стадии. Одним из наиболее распространённых примеров химической коррозии служит процесс окисления металлов кислородом воздуха, который можно описать химической реакцией:



где z — валентность металла [5].

Электрохимическая коррозия представляет собой естественный процесс разрушения металлических материалов, который происходит в средах, способных проводить электрический ток (например, в растворах или расплавах электролитов). Особенность этого процесса заключается в том, что два ключевых этапа коррозии — окислительный (ионизация металла) и восстановительный процессы — протекают раздельно на различных участках поверхности. Скорость протекания этих процессов определяется электродными потенциалами.

Таким образом, на поверхности корродирующего металла формируются две различные зоны (рис. 1):

- 1) анодная зона, где происходит окисление металла с переходом его ионов в раствор и накоплением эквивалентного количества электронов в металле;
- 2) катодная зона, в которой осуществляется асимиляция избыточных электронов с поверхности металла частицами-окислителями — деполяризаторами из коррозионной среды, которыми могут быть ионы водорода или молекулярный кислород, растворенный в воде.

Таким образом, механизм разрушения металлов вследствие электрохимической коррозии является самопроизвольным и представляет собой типичный пример окислительно-восстановительной реакции [6]. Взаимодействие образовавшихся ионов может привести к образованию твердой фазы продуктов коррозии.

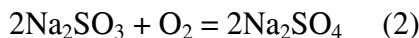


Рис. 1. Формирование двух зон на поверхности корродирующего металла

Защита от коррозии является одной из приоритетных задач в современной промышленности, поскольку коррозионные процессы приводят к значительным экономическим потерям и снижению безопасности производственных объектов. Коррозия не только разрушает оборудование, но и может служить причиной аварийных ситуаций, что особенно критично для предприятий энергетической, химической и металлургической отраслей. На скорость коррозии очень сильно влияет растворенный кислород, который с одной стороны при высокой концентрации образует защитные пленки, а с другой стороны, являясь сильным деполяризатором, усиливает коррозию [12]. Поэтому для эффективной борьбы с коррозионными процессами в промышленности активно применяются специальные химические реагенты-ингибиторы — поглотители кислорода. Эти вещества действуют по принципу химического связывания растворённого в водной среде кислорода, в результате чего образуются безопасные для металла соединения, предотвращая тем самым разрушение металлических конструкций. Современные поглотители кислорода не только связывают растворённый кислород, но и часто формируют на поверхности металла защитную плёнку, которая дополнительно препятствует развитию коррозионных процессов. Они могут работать в различных условиях эксплуатации: при высоком давлении, повышенной температуре и в агрессивных средах. Применение поглотителей кислорода позволяет значительно продлить срок службы оборудования, снизить затраты на его ремонт и замену, а также обеспечить бесперебойную работу производственных процессов. Особенно важно их использование в системах теплоснабжения, котельных установках и теплообменном оборудовании, где коррозионные процессы протекают наиболее интенсивно.

В результате проведённого информационного анализа были определены шесть наиболее эффективных и широко применяемых поглотителей кислорода: сульфит натрия, гидразин, карбогидразид, эриторбат натрия, диэтилгидроксиламин и метилэтоксиметилкетоксим.

Сульфит натрия является самым дешевым и безопасным поглотителем. Представляет собой неорганическое соединение класса солей. При взаимодействии с кислородом происходит химическая реакция:



В результате реакции образуется сульфат натрия, повышающий солесодержание воды, что является существенным недостатком. Сульфит натрия широко применяется в системах теплоснабжения, преимущественно в котлах с низким давлением. Важно отметить, что продукты

на основе сульфита категорически не рекомендуется использовать в котлах высокого давления из-за разложения сульфита натрия, в результате которого образуются опасные продукты — диоксид серы и оксид натрия. Несмотря на эти ограничения, сульфит натрия остаётся востребованным реагентом благодаря двум ключевым преимуществам: доступной стоимости и высокой реакционной способности в отношении кислорода.

Гидразин (химическая формула N_2H_4) представляет собой неорганическое соединение, образованное сочетанием азота с водородом. Это вещество широко применяется как эффективный поглотитель кислорода в системах высокого давления, поскольку способно вступать в реакцию с O_2 с образованием безопасных продуктов — воды и газообразного азота:



Защитное действие гидразина основано на его способности пассивировать поверхность стали, то есть образовывать защитную магнетитовую плёнку, которая эффективно препятствует развитию коррозионных процессов. Однако, несмотря на высокую эффективность гидразина, его применение существенно ограничено из-за токсичных свойств. В связи с этим в настоящее время активно ведутся разработки альтернативных веществ, которые могли бы заменить гидразин в технологических процессах, сохраняя при этом высокий уровень защиты от коррозии.

Карбогидразид (1,3-диаминомочевина) — это органическое соединение, производное гидразина. Продуктом реакции карбогидразида является газ диоксид углерода, который растворяется в воде. Некоторые исследования паровой системы высокого давления показывают, что количество образующегося диоксида углерода мало и не влияет на цикл. Карбогидразид обладает пассивирующими свойствами, благодаря взаимодействию со стальной поверхностью, что способствует образованию магнетита в системе котла. Может использоваться во всех типах котлов высокого давления.

Эриторбат натрия представляет собой также безопасную органическую альтернативу. Более известный как производное витамина С. Поскольку эриторбат не является летучим, поэтому используется в оборудовании низкого и среднего давления. Эриторбат вступает в реакцию со стальными и медными поверхностями, образуя защитные пассивные пленки, но в качестве сильного окислителя он превращает нежелательный гематит в защитный магнетит. Как пищевая добавка, он не токсичен. Однако эффективность поглощения кислорода не очень высокая, и стоимость его существенно выше, чем у сульфита натрия [8].

Диэтилгидроксиламин (DEHA) — это представитель современного класса летучих аминов. Общую схему окисления можно представить следующей схемой:

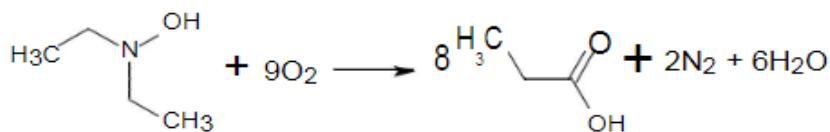


Рис. 2 Общая схема окисления

DEHA не только связывает кислород, но и, проникая по всей паровой системе, создает на поверхности металла защитные оксидные пленки, пассивируя его. DEHA, как широко применяемый зарубежный аналог, является эталоном эффективности для систем высокого давления. Кроме того, данный реагент имеет умеренную токсичность и высокую стоимость.

Метилэтилкетоксим (МЕКО), также известный как 2-бутаноноксим, представляет собой органическое соединение класса аминов. Основное отличие МЕКО заключается в том, что его способность вступать в реакцию с растворённым кислородом эффективно проявляется только при повышенных температурах, что делает его особенно ценным реагентом для применения в условиях высокотемпературных процессов.

Таким образом, обзор научной литературы показал актуальность ингибиравания электрохимической коррозии химическими методами с применением поглотителей кислорода. Эффективность защиты зависит от правильного подбора реагента с учётом конкретных условий эксплуатации, типа защищаемого металла и характеристик рабочей среды. При этом важно учитывать не только защитные свойства поглотителей кислорода, но и их влияние на другие параметры системы, такие как электропроводность воды, образование отложений и совместимость с материалами оборудования. Кроме того, многие ингибиторы коррозии токсичны для человека и окружающей среды, поэтому в настоящее время разрабатываются так называемые «зелёные» ингибиторы, которые должны отвечать таким требованиям как биоразлагаемость, безопасность и возобновляемость [9-11].

Литература

1. Мухин, В. А. Коррозия и защита металлов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Мухин. – Электрон. дан. – Омск : ОмГУ, 2004. – 112 с. URL: <https://echemistry.ru/assets/files/books/koroziya/sostavitel-valerij-anatolevich-muhin-korroziya-i-zashhita-metallov.pdf> (дата обращения: 04.10.2025).
2. Петрова, Л. Г. Основы электрохимической коррозии металлов и сплавов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. Г. Петрова, Г. Ю. Тимофеева, П. Е. Демин, А. В. Косачев ; под общ. ред. Г. Ю. Тимофеевой. – Электрон. дан. – Москва : МАДИ, 2016. – 148 с. : ил. – URL: <https://lib.madi.ru/fel/fel16E421.pdf> (дата обращения: 04.10.2025).
3. Мубаракшина Л.Ф., Микрюкова Е.Ю. Коррозия металлов: химический процесс с экологическими последствиями // Вестник науки №12 (81) том 4. С. 1954 - 1961. 2024 г. ISSN 2712-8849 // URL: <https://www.вестник-науки.рф/article/20277> (дата обращения: 04.10.2025 г.).
4. Коррозия металлов: виды, причины и методы защиты [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – [Б. м. : б. и.], 2023. – URL: <https://asgard-service.com/terms/korroziya-metallov/> (дата обращения: 05.12.2024).
5. Перелыгин, Ю. П. Коррозия и защита металлов от коррозии : учебное пособие для студентов технических специальностей / Ю. П. Перелыгин, И. С. Лось, С. Ю. Киреев. – 2-е изд.,

- доп. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2015. – 88 с. – ISBN 978-5-906831-37-8. – Текст : непосредственный.
6. Нечаев, А. В. Химия : учебное пособие / А. В. Нечаев. – Екатеринбург : УрФУ, 2016. – Ч. II. – 112 с. – ISBN 978-5-321-02468-3 (ч. 2). – Текст : непосредственный.
 7. A Comparative Study: Carbohydrazide vs Hydrazine [Electronic resource] / M. M. Rahman, S. A. Al-Sulami, F. Al-Muali, K. Mohammed, A. J. Shahrani. – Saline Water Conversion Corporation, Saline Water Desalination Research Institute. – Electronic data. – [S. l.], [date of publ. unknown]. – 24 p. – URL: <http://www.nace-jubail.org/Meetings/Forum/TueAft/SWCC.pdf> (дата обращения: 04.10.2025).
 8. AskMarine Care: Oxygen Scavengers [Electronic resource] : technical data sheet. — MarineCare. – Electronic data. – [Netherlands], 2022. – URL: <https://www.marinecare.nl/app/uploads/2022/03/AskMarine-Care-Oxygen-Scavengers.pdf> (дата обращения: 05.12.2024).
 9. Rani B. E. A. Green Inhibitors for Corrosion Protection of Metals and Alloys: An Overview / B. E. A. Rani, B. B. J. Basu // International Journal of Corrosion. –2012. – 15 p.
 10. Bereket G. The inhibition effect of amino acids and hydroxy carboxylic acids on pitting corrosion of aluminum alloy 7075. / G. Bereket, A. Yurt //Corros. Sci. – 2001. №43. – P. 1179–1195
 11. Sanyal B. Organic compounds as corrosion inhibitors in different environments – A review. Prog. Org. Coat. – 1981. № 9. – P. 165–236
 12. Корякин А. Ю. Содержание кислорода в водных системах и его влияние на состояние систем / А.Ю. Корякин, И.М. Колесников, М.Ю. Кильянов, С.И. Колесников // ТЕРРИТОРИЯ НЕФТЕГАЗ. – 2015. № 3. – С.70-74.

УДК 620.3

Химия графена и применение его уникальных свойств

Семиженова Дарья Валерьевна, студент направления «Химическая технология»;

Герасимова Виктория Михайловна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Физика и естественнонаучные дисциплины»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье рассматриваются структурные особенности и физико-химические характеристики графена – двумерного материала, представляющего собой одноатомный слой углерода с гексагональной решёткой. Подчёркиваются уникальные характеристики материала – высокая прочность, проводимость и химическая стабильность, обусловленные sp^2 -гибридизацией углерода. Проанализированы основные методы получения графена с учётом их влияния на качество и его функциональные характеристики.

Графен – один из самых удивительных материалов XXI века. Открытый в 2004 году Андреем Геймом и Константином Новосёловым (лауреатами Нобелевской премии по физике 2010 года), он представляет собой одноатомный слой углерода, упорядоченный в двумерную

гексагональную решётку. Благодаря своим исключительным физико-химическим характеристикам графен стал объектом интенсивных исследований в области материаловедения, нанотехнологий, электроники, энергетики и биомедицины.

Уникальные свойства графена обусловлены его структурой (рис. 1). Она представляет собой систему шестиугольников, образованных атомами углерода, соединённых ковалентными связями в виде плоской гексагональной решётки, напоминающей пчелиные соты. Каждый атом углерода образует три σ -связи за счёт sp^2 -гибридизации: один s -орбиталь и два p -орбитали объединяются в три гибридные орбитали, расположенные в одной плоскости под углом 120° . Четвёртый p -орбиталь остаётся негибридизированным и участвует в образовании делокализованной π -системы.



Рис. 1. Элементарное звено структуры графена

Такая структура обеспечивает высокую механическую прочность материала и отличную проводимость электричества и тепла. К исключительным свойствам графена также можно отнести:

- Высокую подвижность электронов: электроны движутся практически свободно, обеспечивая чрезвычайно высокую электрическую проводимость.
- Теплопроводность: высокая способность проводить тепло делает графен идеальным материалом для охлаждения электроники.
- Механическую прочность: графен является одним из самых прочных известных материалов, превосходящим сталь на несколько порядков.
- Гибкость: возможность сгибания и растяжения без разрушения открывает широкие перспективы для создания гибких дисплеев и датчиков.
- Оптическую прозрачность: поглощает всего $\sim 2,3\%$ видимого света при полной монослоевой толщине.

Эти свойства делают графен незаменимым материалом для разработки новых технологий будущего.

Существует несколько методов синтеза графена, каждый из которых направлен на получение материала с определёнными характеристиками:

1. Химическое осаждение из паровой фазы (CVD): этот метод считается одним из наиболее перспективных для промышленного производства графена. В процессе CVD графен осаждается на

подложку из углеродсодержащих газов (например, метана) при высоких температурах (обычно от 900 до 1000 °C). Этот метод позволяет получать большие площади графена с высокой степенью кристалличности и малым количеством дефектов. Однако он требует сложного оборудования и может быть дорогим.

2. Механическое расслоение графита: способ включает в себя механическое разделение слоев графита, что позволяет получить однослойный графен. Наиболее известным примером является метод «липкой ленты», когда графит приклеивается к скотчу, а затем снимается, оставляя тонкие слои графена на подложке. Этот метод прост и не требует сложного оборудования, но производит графен с ограниченной площадью и может содержать дефект.

3. Химическое восстановление графеноксида: графеноксид (GO) получают окислением графита, что приводит к образованию функциональных групп на его поверхности. Затем графеноксид можно восстановить с помощью химических или тепловых методов, что приводит к образованию восстановленного графена (rGO). Этот метод позволяет получать графен в больших количествах и относительно низкой стоимости, но восстановленный графен часто имеет более низкую проводимость и больше дефектов по сравнению с графеном, полученным методом CVD.

4. Электрохимическое осаждение: метод включает в себя осаждение графена из раствора с использованием электрического тока. Он позволяет контролировать толщину и структуру графена, а также может быть использован для получения графена на различных подложках. Однако этот метод также требует оптимизации условий для достижения желаемых свойств.

Благодаря своей уникальной структуре и свойствам, графен способен взаимодействовать с широким спектром химических веществ, что значительно расширяет его возможности в различных областях применения, таких как электроника, сенсоры, катализ, атомная энергетика и др. [2].

К основным областям графеновых материалов относятся:

1. Электроника. Одним из наиболее перспективных направлений является использование графена в производстве транзисторов и микросхем. Благодаря высокому быстродействию и низкой потребляемой мощности, графеновые устройства способны значительно повысить производительность вычислительной техники.

2. Энергетика. Применение графена в аккумуляторах и суперконденсаторах позволяет увеличить емкость накопителей энергии и ускорить процесс зарядки. Исследования показывают, что батареи на основе графена могут заряжаться быстрее традиционных литий-ионных аналогов.

4. Медицина. Благодаря своим уникальным свойствам, графен активно изучается для создания медицинских приборов и имплантатов. Например, исследователи разрабатывают сенсорные системы на основе графена для диагностики заболеваний, а также биосовместимые покрытия для протезов.

5. Материалы. Композитные материалы, содержащие графен, обладают повышенной прочностью и долговечностью. Они находят широкое применение в аэрокосмической

промышленности, автомобилестроении и строительстве.

6. Экология. Графен и его производные (оксид графена, восстановленный оксид графена, функционализированный графен) находят всё более широкое применение в экологических технологиях благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам: высокой удельной поверхности (до 2630 м²/г), химической стабильности, отличной адсорбционной способности, проницаемости для воды и избирательной непроницаемости для ионов и молекул. Эти характеристики делают графен перспективным материалом для решения актуальных экологических проблем, таких как очистка воды, утилизация отходов, мониторинг загрязнений и снижение выбросов парниковых газов.

Несмотря на то, что производство графена связано с высокими затратами, его уникальные физические и химические свойства открывают перед нами широкие перспективы, которые могут привести к значительным экономическим выгодам в различных отраслях.

Таким образом, графен является универсальным материалом, открывающим новые горизонты в науке и технике, и дальнейшее изучение его свойств обещает революционные изменения в нашей повседневной жизни.

Литература

1. Абдулкадер, Ф. А. Композиты на основе графена: характеристики и использование / Ф. А. Абдулкадер // РЭНСИТ: Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. – 2024. – Т. 16. – № 5. – С. 605-616.
2. Елшина, Л. А. Алюминий-графеновые композитные материалы – новые возможности синтеза в солевых расплавах / Л. А. Елшина // Фундаментальные и прикладные аспекты электрохимической энергетики. – 2023. – № 1. – С. 324-327.
3. Графен: методы синтеза, опто-электронные свойства и возможные применения. – URL: <https://www.inorg.chem.msu.ru/asp/Kapitanova.pdf> 5. <https://www.kommersant.ru/doc/2718330> (дата обращения: 15.10.2025).
4. Каплин, А. В. Оксиды графена, как сорбенты для очистки и разделения жидкостей: физико-химическое исследование / А. В. Каплин // Журнал технической физики. – 2025. – Т. 95. – № 3. – С. 512-519.
5. Клименко, И. В. Возможности применения материалов на основе графена в нефтегазовой промышленности / И. В. Клименко // Булатовские чтения: сборник статей. – 2024. – С. 65-66.
6. Кричевский, Г. Е. Нанотехнологии в современной медицине / Г. Е. Кричевский // НАНОИНДУСТРИЯ. – 2023. – Т. 16. – № 6. – С. 328-336.

СЕКЦИЯ 5
«СОВРЕМЕННЫЕ СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ ПРАКТИКИ ОБРАЗОВАНИЯ:
НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ»

УДК 621.039

**Создание тренажёров по предотвращению неправильных действий персонала атомной
станции: постановка проблемы, пути решения и рекомендации**

Макаров Эдуард Борисович, ведущий инструктор отдела общей подготовки персонала;

Бессонов Денис Валерьевич, начальник отдела общей подготовки персонала

Акционерное общество «Российский концерн по производству электрической
и тепловой энергии на атомных станциях» (АО «Концерн Росэнергоатом»)

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Балаковская атомная станция»

(Балаковская АЭС)

В статье рассматривается актуальность вопросов человеческого фактора и решения проблемы ошибок персонала атомной станции. С акцентом на опыт работников атомных электростанций раскрывается содержание и значимость практической подготовки на тренажёрах с моделированием ситуаций, вызывающих ошибки и выявляющих неправильные модели поведения, переживание ошибок, осознание пробелов, переосмысление своего опыта – всего того, что способствует созданию условий для осознанного применения инструментов (методов) предотвращения ошибок.

В 2025 году отмечается 80 лет со дня образования атомной промышленности, атомная энергетика и атомные станции являются неотъемлемой частью этого атомного сообщества. В опыте эксплуатации атомных станций (АС) случались разные события. Как говорят специалисты, атомная энергетика прошла сквозь огонь, воду и медные трубы. Медные трубы — эйфория от первых успехов, когда думали что атомная энергетика может заменить углеводородное сырье (при немалых затратах на строительство, все это окупалось дешевым сырьем), сквозь огонь Чернобыля и сквозь воду (отсутствие охлаждаемой воды и цунами) «Три-Майл-Айленда» и «Фукусимы». Эти и другие события на атомных станциях нередко были спровоцированы или сопровождались влиянием человеческого фактора, т.е. неправильными действиями персонала, когда персонал по различным причинам действовал не совсем эффективно.

Сегодня проблема человеческого фактора во всём мире продолжает оставаться актуальной для многих отраслей, предприятий и организаций. Наиболее остро эта проблема стоит в атомной энергетике и в первую очередь из-за своей специфики. События, которые происходили на атомных станциях, как уже было сказано, по причине неправильных действий персонала, подтверждаются различными примерами в прошлом и настоящем опыте эксплуатации. В основе событий, связанных с неправильными действиями персонала – неприменение инструментов

(методов) предотвращения ошибок:

- критический подход;
- приверженность процедурам и инструкциям;
- четкие коммуникации;
- использование опыта эксплуатации;
- инструктаж перед выполнением работ;
- контроль действий, включая самоконтроль;
- анализ выполненной работы.

Человеку свойственно ошибаться, это его природная особенность. Причинами ошибок являются ограничения человеческих способностей, которые проявляются в таких действиях, как осознание, слежение, запоминание, обработка информации и принятие решений на её основе решений. Люди будут делать ошибки, и полностью устраниить человеческий фактор невозможно. При этом стремление к совершенству в работе персонала с помощью применения персоналом инструментов предотвращения ошибок, должно являться постоянным усилием атомной станции с целью существенного снижения числа нарушений, вызванных человеческими ошибками.

Одним из решений этой проблемы, является проведение обучения персонала АС. Сегодня во всём мире на всех АС существует система подготовки персонала. На АС Концерна «Росэнергоатом» также проводится обучение персонала, в том числе применению инструментов предотвращения ошибок. Но, как правило, это аудиторное обучение, т. е. теоретическое обучение без закрепления на практике, такой вид обучения не направлен на приобретение практических осознанных навыков, что затрудняет их применение при выполнении работ на оборудовании и в технологических системах.

Для решения этой проблемы мы предлагаем подход, который базируется именно на практическом обучении. Главная цель – привитие навыка осознанного применения инструментов (методов) предотвращения ошибок.

Персонал необходимо обучить применению универсальных приемов предотвращения ошибок персонала. Такие универсальные приемы возможно освоить только через практическое обучение на тренажёрах по предотвращению ошибок. Привитие навыка осознанного безошибочного выполнения заданий является частью (условиями выполнения) производственных задач персонала, разработанных на основе системного подхода к обучению. Поэтому работнику необходимо предоставить универсальные приемы предотвращения ошибок персонала, такие универсальные приемы возможно предоставить через практическое обучение на тренажерах предотвращения ошибок.

Основными задачами практического обучения применению инструментов (методов) предотвращения ошибок персонала должны являться:

- последовательное формирование у персонала АС, выполняющего работы, связанные с

безопасностью, навыков осознанного применения методов, средств, приемов, документации, позволяющих гарантировано предотвращать неправильные действия персонала, приводящие к вынужденным потерям (остановы, разгрузки, травмирование персонала и др.);

- обучение персонала основных технологических подразделений АС практическому применению инструментов (методов) предотвращения ошибок персонала;
- выявление областей для улучшения деятельности персонала;
- корректировка небезопасного поведения (поведенческих моделей, действий) персонала через обучение применению инструментов предотвращения ошибок персонала.

В алгоритм практического обучения на тренажерах заложен принцип многозадачности или как его еще называют «совмещенная деятельность». Совмещенная деятельность рассматривается как деятельность, связанная с одновременным выполнением двух и более функций, направленных на различные цели (поиск, передача информации, выполнение действий и т. д.), причем цели могут быть как частными, связанными с выполнением отдельных действий (открыть/закрыть, включить/отключить, собрать/разобрать и т. п.), так и конечными, общими, связанными с выполнением деятельности (например, выполняя переключения, ввести в работу оборудование). Основное отличие от обучения на других тренажерах заключается в том, что обучающемуся требуется выполнять несколько действий практически одновременно (мыслительные, коммуникативные, физические), здесь следует максимально «загружать» оператора на всех участках выполняемого задания, постоянно изменять структуру его деятельности путем введения проблемной задачи с помощью дополнительных заданий. Это способствует выработке понимания работать оперативно (внимательно), но без спешки, т. к. за спешкой всегда следует торопливость, невнимательность и последующие ошибочные действия.

Предлагается пример работы со штурвалами, когда обучающийся должен выполнять совмещение нескольких функций:

- осуществлять поиск нужного штурвала с нужной маркировкой;
- осуществлять контроль правильности выбора нужного штурвала с нужной маркировкой;
- проговаривать выполнение действия;
- оказывать физическое воздействие, т. е. выполнять закрытие или открытие арматуры;
- отвлекаться на контроль параметров (давление, температура);
- отвлекаться на другие раздражающие факторы (телефонные звонки, срабатывание сигнализации).

В результате обучающийся сталкивается со сложной ситуацией, успешно решить которую, он может только в случае применения инструментов предотвращения ошибок. Тем самым будет закрепляться понимание и поведенческие установки осознанного применения инструментов. В конечном итоге, «встреча» с такими проблемными ситуациями (разномотивированными задачами), ошибки в процессе выполнения задания, переживание ошибок, переосмысление своего опыта и

осознание пробелов – всё это способствует созданию условий для повышения осознания осмотрительности, формирования навыков использования критического подхода, оценки рисков, контроля действий, включая самоконтроль, приверженности работы по процедурам и необходимости быть проинструктированным.

По большому счету, это и будет главной концепцией нашего подхода в обучении, которая базируется не на понимании того «Как надо делать», а на понимании того «Как не надо делать», т. е. через ошибки, переживание этих ошибок, переосмысление этого опыта, формирование нового осмысленного понимания.

Для формирования навыков применения инструментов предотвращения ошибок необходимо формировать устойчивые, т. н. психологические установки, т. е. программы поведения, которые человек выполняет не задумываясь, т. е. когда он убеждён, должно быть так и ни как иначе. Достижение обозначенных целей возможно тренажерным моделированием многозадачных ситуаций. Преимущества тренажеров по формированию навыков применения инструментов предотвращения ошибок заключаются в возможностях активизации не столько внешних – исполнительских действий, сколько прежде всего внутренних, психологических процессов, то есть на уровне осознания. Именно эти процессы, применительно к операторской деятельности, составляют основу надежной работы. Оператор должен осознавать, что без применения инструментов предотвращения ошибок он не справится с выполнением задания.

Повышение устойчивости работы энергоблоков АС возможно через постоянное совершенствование методик обучения, направленных на предотвращение неправильных действий персонала, внедрение новых программно-технических комплексов и компьютерных средств по снижению вероятности человеческой ошибки.

К ожидаемым результатам следует отнести:

- совершенствование учебного процесса с использованием тренажеров, формирование у персонала ответственного отношения к вопросам безопасности, развитие и поддержание знаний и навыков осознанного использования инструментов предотвращения ошибок;
- предупреждение ошибок персонала, возникающих при подготовке и выполнении работ на действующем оборудовании, выявление в учебных условиях недостатков, способствующих неправильному выполнению действий на рабочих местах;
- корректировку и закрепление необходимых поведенческих моделей для улучшения работы персонала, улучшение процессов выполнения работ за счет применения инструментов предотвращения ошибок персонала, повышение надежности человеческого фактора.

Для целей практического обучения персонала Балаковской АЭС применению инструментов предотвращения ошибок, будут использоваться программно-технические комплексы предварительно называемые тренажёрами: «Штурвалы», «Гидравлика», «Коммуникация». В основе практического обучения на данных тренажёрах используется подход, получивший название

«Цикл Колба» (Рис. 1) Это система обучения, при которой обучающиеся получают знания с помощью практики с опорой на свой опыт. Форма занятия предполагает решение создаваемых инструктором проблемных ситуаций. Во все сценарии занятий в большинстве случаев изначально закладываются отказы, дефекты и ошибки, для проверки способности обучающихся выполнить задания правильно.

Посредством такого подхода инструктор сначала выясняет проблемные зоны (случаи, когда выполняются неправильные действия) в знаниях, навыках, умениях и только потом проводит теоретическую часть, объясняет обучающимся как применять новые знания в их деятельности, затем полученные знания закрепляются в процессе практического занятия на тренажёре.



Рис. 1. Стадии модели Дэвида Колба

Этап 1 «Личный опыт» – используя свой опыт, модели действий, навыки и модели поведения обучающиеся сталкиваются с невозможностью выполнить задание, т. е. ошибаются.

Этап 2 «Осмысление опыта» – осмысливают опыт, почему не получилось, «переваривают случившееся» и пытаются понять, как действовать по-другому, без ошибок.

Этап 3 «Теоретические концепции» – предоставление обучающимся правил и стандартов работы (теоретическое обучение).

Этап 4 «Применение на практике» – отработка новых «правильных» навыков на практике.

По мнению Дэвида Колба, освоить новые приёмы и методы работы реально только через практику и работу над ошибками, «не получится написать симфонию или начать водить автомобиль, просто прочитав пособие для начинающих».

Главный упор делается на практику. Обучение обычно начинается сразу с работы над реальной задачей. Теория лишь помогает допустить меньше ошибок и сделать всё правильно. В результате обучающийся сразу закрепляет новые знания на практике и «набивает руку». Человек лучше осваивает необходимые приемы работ, когда анализирует неудавшиеся действия, сам находит в них ошибки и способы их решения, а не ждёт готового шаблона, это самое главное в такой методике обучения.

Цель обучения применению инструментов (методов) предотвращения ошибок — повышение надёжности персонала при подготовке и выполнении работ на оборудовании АС, снижение и предупреждение количества ошибок, снижение до минимально возможного уровня риска и последствий от неправильных действий персонала. Задача – вовлечение работников в процесс поиска способов улучшения выполнения работ, обеспечения безопасного выполнения

работ в соответствии с установленными требованиями путем:

- применения критической позиции при оценке рисков, которые могут возникнуть в ходе выполнения работ;
- строгого следования инструкциям/процедурам/бланкам переключений, оставаясь при этом в критической позиции в отношении выполняемых операций;
- обеспечения четкой коммуникации и информирования о выполняемых работах;
- использования всех имеющихся в наличии информационных ресурсов данных об опыте эксплуатации в отношении выполняемых работ;
- анализа выполненной работы, определения путей оптимизации выполнения операций при безусловном соблюдении требований по безопасности;
- оценки влияния выполняемых работ на безопасность;
- демонстрации безопасного способа выполнения работы персонала, подкрепление правильного выполнения, коучинга и обучения персонала;
- мотивирования персонала работать безопасно;
- участия в разработке и последующем внедрении корректирующих и предупреждающих мер, направленных на совершенствование работы персонала;
- осознанного, основанного на приобретенных навыках во время практического обучения, применения инструментов (методов) предотвращения ошибок персонала.

Многообразие умений в деятельности персонала АС определяет и многообразие механизмов их формирования для безошибочной работы с использованием тренажёров предотвращения ошибок. Повышение устойчивости работы энергоблоков АС возможно через постоянное совершенствование методик обучения, направленных на предотвращение неправильных действий персонала, внедрение новых технических и компьютерных средств по снижению вероятности человеческой ошибки.

Литература

1. Инструменты (методы) предотвращения ошибок персонала. Анализ, применение и развитие Методические рекомендации (МР 1.1.4.04.2216-2023). — 2023. — С. 16.
2. Колба, Д. Обучение на основе опыта: опыт как источник обучения и развития. Прентис-Холл. - 1984.

УДК 130.2

Архетипические механизмы в культуре

Вдовушкина Наталия Сергеевна, кандидат культурологии,
доцент кафедры «Гуманитарные дисциплины»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

Статья посвящена разработке синтеза юнгианской теории архетипов с концепцией *creatio ex vacuo*. Предлагается принципиально новое понимание архетипа как «структурированной пустоты» (*Vacuum*), преодолевающее традиционную редукцию к статичным образам. Целью статьи является обоснование и разработка синтеза между переосмысленной теорией архетипов и концептом *creatio ex vacuo* – творения из пустоты, понимаемой не как ничто (*nihil*), а как структурированная потенциальность (*vacuum*).

Современная философская и культурологическая мысль находится в перманентном поиске моделей, адекватно описывающих механизмы смыслопорождения в условиях распада традиционных метанarrативов. Классическая парадигма творения *ex nihilo*, предполагающая трансцендентный источник и волевой акт созидания, оказывается недостаточной для объяснения спонтанных, имманентных процессов генерации нового в пространстве психики и культуры. В этом контексте обращение к юнгианской теории архетипов открывает продуктивные перспективы, однако требует существенного переосмысливания природы самого архетипа.

Ключевой проблемой, препятствующей продуктивному синтезу аналитической психологии с современными онтологическими концепциями, остается традиционное, упрощенное понимание архетипа как готового, статичного образа. Преодоление этого редукционизма становится насущной теоретической задачей.

Ключевым основанием для синтеза юнгианской теории с предлагаемым автором концептом *creatio ex vacuo* выступает разработанный в диссертации тезис о том, что архетип является структурированной пустотой.

Это определение является фундаментальным поворотом в интерпретации природы архетипа, выводящим концепт Юнга за рамки чистой психологии в область общей онтологии. Это определение можно раскрыть через несколько взаимосвязанных уровней.

Традиционное, упрощенное понимание архетипа зачастую редуцирует его до уровня универсального, готового образа (Матери, Героя, Мудрого Старца), как бы априорно существующего в психике каждого индивида. Такой подход, однако, превращает его в готовый продукт, статичную картину, что ведет к редукционизму и мифологизации; превращает в платоновский эйдос, который не способен объяснить ни его культурно-историческую вариативность, ни его динамическую роль в психической жизни. В противоположность этому, в своей диссертации автор утверждает радикально иную позицию: архетип определяется неперсонифицированная схема, матрица или алгоритм, лишенная собственного содержания и наполняемая культурным и индивидуальным опытом в процессе жизни индивида.

Это не репрезентация, а правило генерации репрезентаций; не конкретный образ, а та имманентная структура, которая обуславливает возможность его возникновения и определяет рамки его возможных воплощений. Аналогией является «алгоритм вычислительной машины»: сам по себе код не содержит данных, но он задает строгую, детерминированную логику обработки любого входящего информационного потока, обеспечивая формирование результата.

Что касается онтологического статуса *Vacuum* и *Nihil*, их фундаментальных различий, то сердцевиной предлагаемого подхода является строгое терминологическое и концептуальное различие между *nihil* (ничто) и *vacuum* (пустота/вакуум). Именно это различие позволяет аргументировать возможность творения *из* пустоты, избегая отсылки к трансцендентному акту.

Понятие *Nihil* (Ничто) обозначает абсолютное небытие, тотальное и бескачественное отсутствие, лишенное каких-либо свойств и структур. *Creatio ex Nihilo* – это парадигма, предполагающая трансцендентного демиурга, чей волевой акт вызывает бытие к жизни вопреки логике, из абсолютного ничто. Это метафизический, а не имманентный принцип.

В отличие от *nihil*, *vacuum* в современном научно-философском дискурсе понимается не как отсутствие, а как потенциально насыщенное состояние, наделенное собственной сложной организацией. Квантовый вакуум в физике, порождающий виртуальные частицы; семиотический вакуум Ю. Лотмана как пространство досемантических возможностей; философская концепция шуньты (пустотности) в буддизме – все это примеры *vacuum*'а как активного, структурированного условия возможности. Это уже является имманентным состоянием.

В этом ключе архетип и есть *Vacuum*. Его онтологический статус можно охарактеризовать следующим образом: архетип не содержит в себе готовых содержаний, но является потенциалом к бесконечному множеству актуализаций. Архетип Тени – это образ конкретного демона или врага, а сама возможность структурирования любого содержания, отвергаемого Эго («все, что я не-есть»). Архетип Матери – это образ конкретной богини, а матрица, способная породить как образ всепоглощающей, так и всезащищающей матери; биологической матери или символической Родины; Деметры или Кали, Кибелы или Девы Марии.

Эта потенциальность не является аморфной или хаотичной. Она обладает внутренней логикой, «архитектоникой», «геометрией». Архетип Героя структурно организован как схема пути: Призыв – Испытание – Победа – Возвращение; архетип Тени – как принцип комплементарного отрицания самоидентификации Эго. Эта внутренняя структура и есть тот самый алгоритм, обеспечивающий узнаваемость архетипа за бесконечным разнообразием его культурных масок.

Парадоксальным образом, именно онтологическое *отсутствие* архетипа, его пустотность по отношению к конкретному содержанию, является условием возможности его универсального *присутствия* в культуре и психике; условием для бесконечного многообразия его психических и культурных воплощений. Будучи лишенным конкретики, архетип может быть наполнен любым культурно-историческим и индивидуально релевантным материалом. Архетип, таким образом, есть чистая форма существования смысла, предшествующая любому актуальному смыслу и делающая его возможным.

В гносеологическом измерении стоит рассмотреть процесс наполнения пустоты, т.к. с онтологической пустотностью архетипа связан и специфический механизм его проявления.

Архетип как «пустота» локализован в коллективном бессознательном. Индивидуальное сознание и культура, как коллективное сознание, выступают тем механизмом, который, сталкиваясь с экзистенциальными вызовами и культурными контекстами, наполняет эту пустоту конкретным опытом, образами, символами, нарративами. Встреча с архетипической схемой в опыте всегда опосредована через сновидения, мифы, произведения искусства, где безличная схема обретает плоть актуальных, эмоционально заряженных образов.

Символ, в рамках данной теории, выступает ключевым оператором актуализации. Он является «вакуумной печатью» архетипа, точкой резонанса, в которой структурированная пустота архетипа встречается с конкретным материалом сознания и оформляется в единичный, но глубоко насыщенный образ. Полисемантичность символа проистекает именно из его связи не с чем-то однозначным, а с самой архетипической потенциальностью, позволяющей ему порождать множество трактовок.

Разработанная в диссертации синергетическая модель предоставляет мощный инструмент как для чисто теоретической иллюстрации, так и для визуализации этой концепции.

Странный аттрактор – это геометрический образ сложного, хаотического, но при этом устойчивого поведения нелинейной динамической системы. Он не имеет единственной точки равновесия, но обладает четкой топологической структурой – бассейном притяжения, в который неизбежно попадают траектории системы.

Архетип как аттрактор и есть такая динамическая структура без фиксированного содержания. Он не предписывает, каким именно должен быть образ Героя в культуре, но он задает тот самый бассейн притяжения, в который должны попасть все культурные нарративы, чтобы быть опознанными и пережитыми как «история о Герое». Это не жесткий шаблон, а поле сил, организующее психический и культурный материал согласно своей имманентной логике.

Таким образом, тезис о том, что природа архетипа есть воплощение принципа *creatio ex nihilo*, приобретает следующее конкретное звучание. Любой акт подлинного смыслопорождения в психике и культуре, будь то рождение нового мифа, создание художественного произведения, личностное озарение или формирование социального конструкта, не является ни манифестацией трансцендентной воли, ни созданием «из ничего» силой гения. Это всегда процесс актуализации имманентной потенциальности, изначально заложенной в структурированной пустоте архетипической матрицы ментальности.

Творец, будь то художник, мыслитель, любая личность в моменты кризиса и поиска, не создает и не изобретает архетип. Он, сталкиваясь с экзистенциальной или культурной «пустотой» (кризисом, травмой, вопросом, отсутствием смысла), входит в резонанс с соответствующей структурированной пустотой архетипической матрицы. Архетип, функционируя как аттрактор, притягивает к себе психический материал, культурные коды и личный опыт, организуя их согласно своей имманентной логике. В результате этого процесса спонтанной самоорганизации и

рождается новый, но узнаваемый смысл, образ или культурный конструкт.

Следовательно, *creatio ex vacuo* представляет собой описание фундаментального имманентного механизма работы ментальности, в котором архетипы, понимаемые как структурированные пустоты (*vacuum*), являются динамическими структурами, которые делают возможным и направляют непрерывный процесс смыслового творения (*creatio*).

Литература

1. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. Кн. 1: Самоорганизация. История. – М.: ЛЕНАНД, 2020. – 152 с.
2. Кассирер Э. Философия символических форм. В 3-х томах. – СПб.: Центр гуманитарных инициатив, 2021. – 950 с.
3. Лотман Ю.М. Внутри мыслящих миров. – М.: ЯСК, 2025. – 464 с.
4. Пригожин И.Р., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. Пер. с англ. – М.: Едиториал УРСС, 2024. – 320 с.
5. Сартр Ж.П. Бытие и ничто опыт феноменологической онтологии. – М.: АСТ, 2020. – 1068 с.
6. Эдингер Э. Эго и Архетип. - М.: Издательство Манн, Иванов и Фербер, 2024. – 448 с.
7. Эстес К.П. Бегущая с волками. Женский архетип в мифах и сказаниях. – М.: София, 2025. – 448 с.
8. Юнг К.Г. Архетипы и коллективное бессознательное. – М.: АСТ, 2024. – 496 с.

УДК 796.07(07)

Профессионально-прикладная направленность занятий физкультурой и спортом работников атомной промышленности

Зуева Ирина Аркадьевна, старший преподаватель кафедры «Гуманитарные дисциплины»

Рассказов Андрей Вильевич, старший преподаватель кафедры «Гуманитарные дисциплины»

Ежова Екатерина Андреевна, студент направления «Электроэнергетика и электротехника»;

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В данной статье рассматривается важность профессионально-прикладной направленности занятий физкультурой и спортом для работников атомной промышленности. Анализируются основные направления, методы и формы организации физкультурно-спортивной деятельности, направленной на повышение работоспособности, профилактику профессиональных заболеваний и укрепление здоровья сотрудников. Обосновывается необходимость разработки и внедрения специализированных программ, учитывающих специфику профессиональной деятельности, потенциальные риски и требования к физической подготовленности.

Цель работы заключается в обосновании и разработке научно-методических основ профессионально-прикладной направленности занятий физкультурой и спортом для работников атомной промышленности, направленных на повышение их физической подготовленности, психоэмоциональной устойчивости, и, как следствие, обеспечение высокого уровня безопасности и эффективности профессиональной деятельности.

Атомная промышленность — одна из наиболее наукоемких и прогрессивных отраслей, предъявляющая высокие требования к профессиональным качествам, функциональным возможностям и состоянию здоровья своих сотрудников. Работа на объектах атомной энергетики, в научно-исследовательских институтах и на предприятиях, связанных с ядерными технологиями, сопряжена с рядом специфических факторов: длительное пребывание в условиях повышенной концентрации внимания, монотонность труда, необходимость точных и скоординированных движений, а также потенциальные риски, связанные с радиационным воздействием. Постоянная ответственность за безопасность, условия строгих регламентов, вероятность повышенного внешнего облучения, необходимость ношения свинцовых фартуков, костюмов химзащиты, противогазов создает повышенную нагрузку на сердечно-сосудистую систему, опорно-двигательный аппарат, так же психоэмоциональный стресс.

Прикладные знания и умения в области физической работоспособности и общего состояния здоровья работников становятся не просто желательным, а критически важным и нужным аспектом обеспечения безопасности и эффективности производственных процессов. Традиционные подходы к организации физкультурно-спортивной деятельности зачастую не в полной мере учитывают эти особенности. Это означает, что физическая активность должна быть целенаправленно подобрана и организована таким образом, чтобы максимально способствовать развитию тех физических качеств, навыков и состояний, которые наиболее востребованы в конкретной профессиональной деятельности, а также минимизировать негативное влияние производственных факторов.

Для разработки оптимальной программы физической подготовки персонала атомных электростанций необходим детальный анализ специфики его профессиональной деятельности и сопутствующих рисков. Для их профилактики рекомендуется внедрение профессионально-прикладных занятий физкультурой и спортом, которые включают в себя различные направления, упражнения, виды деятельности, учитывающие основные профессиональные направления и опасности, с которыми может столкнуться работник атомной энергетики.

Работников атомной промышленности можно разделить по следующим направлениям: оперативный персонал, специалисты, отвечающие за обеспечение ядерной и радиационной безопасности, специалисты, осуществляющие техническое обслуживание и ремонт атомных электростанций, инженерно-техническая поддержка, а также аварийно-спасательные формирования. Оперативный персонал осуществляет управление энергоблоком, обеспечивая безопасное производство электроэнергии. Специалисты в области ядерной безопасности принимают меры по предотвращению аварий и минимизации радиационного воздействия [1, 2]. Специалисты, осуществляющие техническое обслуживание оборудования, поддерживают его в надлежащем рабочем состоянии. Отдел инженерно-технической поддержки проводит

мероприятия по повышению уровня безопасности и эффективности функционирования атомной электростанции [3, 4]. Аварийно-спасательные бригады осуществляют ликвидацию последствий аварий, обеспечивая защиту персонала, населения и окружающей среды [5].

Работа в режиме круглосуточного дежурства в ограниченном пространстве, сопряженная с недостатком двигательной активности, хроническим стрессом и нарушением циркадных ритмов, выполнение трудовых обязанностей в условиях повышенных температур, задымленности, радиационного фона, а также при угрозе обрушения конструкций, падений и ожогов может оказывать значительное неблагоприятное воздействие на состояние здоровья работника. К вероятным негативным последствиям, возникающим в данных условиях работы, можно отнести: психоэмоциональный стресс, ионизирующее излучение, использование средств индивидуальной защиты (СИЗ), выраженная физическая усталость, эмоциональное выгорание, снижение остроты зрения, снижение скорости реакции, боли в области спины и шеи, высокий риск травматизма.

Для профилактики производственных рисков рекомендуется внедрить профессионально-прикладные занятия физкультурой и спортом, которые будут включать в себя:

- развитие стрессоустойчивости — йога, цигун, пилатес, стрельба (пулевая, стендовая), биатлон;
- снятие эмоционального напряжения — игровые виды спорта (волейбол, футбол, бадминтон), боевые искусства (аикидо, каратэ);
- повышение устойчивости к гипоксии и адаптации к работе в СИЗ — плавание, бег с дыхательным сопротивлением, функциональный тренинг с использованием утяжелителей или в противогазе, лыжный спорт;
- развитие функциональной силы и выносливости — силовой тренинг (пауэрлифтинг, кроссфит), гиревой спорт, аэробика;
- укрепление общего здоровья и повышение иммунитета — регулярные кардионагрузки в виде бега, велосипедных прогулок, лыжных тренировок, спортивные игры;
- профилактику заболеваний — аэробные нагрузки средней интенсивности (бег, велопрогулки, скандинавская ходьба) 2-3 раза в неделю для борьбы с последствиями сидячей работы, оздоровительная гимнастика (ЛФК);
- развитие гибкости и мобильности — стретчинг, мобилизационная гимнастика;
- тренировку вестибулярного аппарата и координации — скалолазание на скалодроме, сложно-координированные упражнения.

Также стоит рассмотреть возможность создания коллективных мероприятий для поддержания физической формы и профессиональной компетентности работников атомных предприятий:

- атомиады по различным видам спорта — летние, зимние;
- соревнования по функциональному многоборью — полоса препятствий, имитирующая условия ремонтной зоны: пролезть через люк, перенести «деталь», закрутить «гайки» на время;

- мастер-классы по скалолазанию;
- онлайн-марафоны «10000 шагов в день»;
- корпоративная лига по настольному теннису и волейболу;
- «Дни здоровья» — массовые забеги на 5-10 км, эстафеты;
- межотраслевые соревнования между АСФ разных АЭС или даже стран для обмена опытом и поддержания высокого уровня мотивации.

Корпоративная физическая культура поддерживает высокий уровень компетенций в области физкультуры и спорта, создает предпосылки для личностного спортивного роста, создает возможность физкультурно-спортивного развития, поддержания здорового образа жизни.

Таким образом, эффективная система физкультурно-спортивной деятельности, является важным инструментом для повышения работоспособности и укрепления здоровья сотрудников атомной промышленности. Комплексный подход, включающий в себя групповые, самостоятельные занятия, корпоративные спортивные мероприятия позволяют обеспечить максимальный охват и эффективность профессионально-прикладной деятельности. Действенность внедрения программ физической и спортивной активности работников атомной отрасли требует активного участия руководства предприятий, привлечения компетентных специалистов (врачей, тренеров, психологов), создания современной спортивной инфраструктуры и постоянного анализа результатов. Инвестиции в здоровье сотрудников представляют собой стратегическое вложение в будущее атомной промышленности, способствующее повышению производительности труда, снижению уровня заболеваемости и улучшению качества жизни персонала. В конечном счете, физически развитая и здоровая команда является ключевым фактором обеспечения безопасности и эффективности функционирования атомной отрасли.

Литература

1. Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности (Госатомнадзор России) // Правила и нормы ядерной и радиационной безопасности. Требования к полномасштабным тренажерам для подготовки операторов блочного пункта управления атомной станции НП-003-97 (ПНАЭ Г-5-40-97) 1 октября 1997 года, Москва, Российская Федерация. – URL: <https://docs.secns.ru/documents/nps/NP-003-97/NP-003-97.pdf> (дата обращения 14.09.2025).

2. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации // Приказ от 4 февраля 2021 года №41н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по радиационному контролю атомной отрасли». – URL: <https://mintrud.gov.ru/docs/mintrud/orders/1886> (дата обращения 14.09.2025).

3. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации // Приказ от 4 июня 2018 года №347н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист (инженер) в области технического обслуживания и ремонта на атомной станции». – URL: <https://classinform.ru/profstandarty/24.081-spetcialist-inzhener-v-oblasti-tehnicheskogo-obsluzhivaniia-i-remonta-na-atomnoi->

stantcii.html (дата обращения 14.09.2025).

4. ВНИИАЭС: сайт // Научно-техническая поддержка // Отделение управления ресурсом АЭС. – URL: <https://vniiaes.ru/activities/nauchno-tehnicheskaya-podderzhka/otdelenie-upravleniya-resursom-aes-/> (дата обращения 14.09.2025).

5. АО Концерн «Росэнергоатом»: сайт // Безопасность и экология // Безопасность. Противоаварийное планирование и аварийная готовность. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/safety_environment/obespechenie-bezopasnosti/protivoavariynoe-planirovanie-i-avariynaya-gotovnost/ (дата обращения 14.09.2025).

УДК 81.271

Цифровая коммуникация и ее влияние на культуру речи

Илларионова Олеся Витальевна, преподаватель кафедры «Гуманитарные дисциплины»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В данной статье рассматривается воздействие цифровой среды на культуру речи, выявляются новые тенденции и изменения, происходящие в современном языковом пространстве, анализируется влияние современных цифровых технологий на процессы функционирования языка, проявляющиеся в изменении традиционных форм коммуникации.

Цифровые устройства стали неотъемлемой частью нашей повседневности, влияя на способы передачи информации и даже на структуру языка, привнеся в него новые формы коммуникации, такие как электронная почта, мессенджеры, социальные сети, видео-чаты, блоги, чаты поддержки, онлайн-конференции. В результате активного внедрения этих инструментов и изменения привычек общения наблюдается тенденция к стиранию четких границ между устной и письменной речью, обусловленная спецификой интернет-коммуникации, которая проявляется в использовании языковых средств, характерных по своей структуре устной речи, что способствует более краткой, эмоциональной, емкой передаче мыслей.

В Большом энциклопедическом словаре (БЭС) указано, что устная речь – это звучащая речь, являющаяся противоположностью письменной и характеризующаяся меньшей регламентированностью [1]. Простота изложения и низкая формализованность, порождаемая в процессе говорения, становится причиной перехода устной речи в интернет-коммуникацию.

Виртуальная среда воспроизводит условия устной беседы, поскольку в такой форме общения допускается свободное ненормированное построение фраз, возможны нарушения грамматических (собрался утром пошел на работу), пунктуационных (кстати хорошая идея), синтаксических норм (че делаешь), широко используются сокращения (лайкни мой пост, плз), просторечная лексика и жаргоны (давай обсудим оффлайн). Пользователи ощущают большую

свободу самовыражения, а анонимность и отсутствие обязательного контроля снижает страх совершить ошибку.

В свою очередь, Л. С. Выготский отмечал, что письменная речь представляет собой сложную структуру и требует осознанного формирования высказываний и целенаправленного создания смысла [2]. Интернет внес существенные изменения в этот традиционный взгляд на письменную речь, обеспечив высокую скорость обмена информацией, что ранее было характерно лишь устной речи. Виртуальное пространство позволяет оперативно обмениваться мыслями, сохраняя легкость и доступность их выражения. Структура письменного общения в интернет-пространстве снижает когнитивную нагрузку на участников общения, приближая ее к характеристикам устной речи.

Интернет-коммуникация породила гибридную форму общения, сочетающую в себе свойства устной речи (эмоциональность, лаконичность, непосредственность, мгновенность) и письменную фиксацию. М. А. Кронгауз характеризует ее как «новый промежуточный тип коммуникации и новую промежуточную форму языка» [3]. Современные цифровые технологии способствуют трансформации письменной речи, делая ее легкой, спонтанной, свободной.

Эта трансформация находит отражение в основных способах словообразования речевых конструкций интернет-языка, сформулированных С. К. Кучигиной в статье «Язык социальных сетей: тенденции развития»:

1. Способ усечения основ («тя» вместо «тебя», «лю» вместо «люблю», «с др» вместо «с днем рождения»). Данная тенденция демонстрирует стремление коммуникантов к минимизации временных и физических затрат, что особенно актуально в условиях ограниченности пространства для ввода данных.

2. Появление новых аббревиатур (в том числе калькированных из других языков): ИМХО (аббревиатура с англ. «in my humble opinion»), ЛОЛ (аббревиатура с англ. «laughing out loud»). Сокращения в этом случае способствуют лаконичному выражению мыслей или эмоций.

3. Намеренное искажение произносительных вариантов, слитное написание слов («ваще», «исчо», «ржунимагу»). Это придает языку характер легкости и непринужденности.

4. Активное использование заимствованной лексики в русском варианте написания по типу калькирования («гик» – компьютерный гений, «го» – идти, «плиз2 – пожалуйста, «сори» – извините, «френд» – друг, «изи» – легко, «ок» – хорошо). Подобного рода заимствования подчеркивают глобализацию интернет-пространства.

5. Использование только части слова («пжл» – пожалуйста, «спс» – спасибо, «норм» – нормально). Использование частичных форм показывает стремление коммуникантов к минимизации объема текста.

6. Подражание детской речи («спасибки», «няшка» «пусечка»). Такие конструкции привлекают внимание своей простотой и детской непосредственностью.

7. Подчеркнутая неграмотность («красавчег», «медвед»). Коммуниканты нередко намеренно нарушают нормы орфографии для создания комического эффекта.

8. Использование символов (многоточия, восклицательных и вопросительных знаков, скобок) в качестве графической трансляции звуков («ха-ха», «Ооо»), эмоций (правила оформления предложений с точки зрения синтаксиса при этом полностью игнорируются). Использование символов применяется для передачи интонаций и эмоций, заменяя жесты и мимику.

9. Креолизация текста, его насыщение изобразительными элементами (аватарами, смайлами, мемами) позволяет восполнить эмоциональный ряд высказывания, заменить отдельные предложения и даже части текста. Эти элементы облегчают восприятие информации, делая текст более выразительным и точным.

10. Использование чисел в качестве аналогов букв или звуков («4то», «2фта»). Применение числовых аналогов демонстрирует стремление к оригинальности автора.

11. Применение клавиши «капс» для написания эмоционально окрашенной фразы или ее части [4].

Интернет-язык оказал значительное влияние на литературный язык, способствовав введению новых языковых единиц и форм. Слова, первоначально зародившиеся в интернет-среде, такие как «фейк», «хайп», «вайб», «троллинг», «локдаун», прочно вошли в современный лексикон и получили признание в официально-литературной речи. Внедрение таких языковых единиц в литературный язык вполне закономерное явление, связанное с технологическим прогрессом и увеличением доступности цифровых коммуникаций.

Интернет предоставляет площадку для взаимодействия различных языковых форм, каждый пользователь привносит в общее пространство свои индивидуальные черты, включая разнородные языковые единицы (диалекты, просторечия, сленг и т. д.), которые разрушают установленные нормы, размывая четкие границы между правильным и неправильным. И как следствие происходит постепенная адаптация языка к новым реалиям. Таким образом, наблюдается двусторонний процесс: письменная речь адаптируется к устной и, наоборот, устная перенимает приемы письменной.

Интернет-язык представляет собой феномен, который характеризуется стремлением к экономии языковых средств, формированием уникального стиля общения, особой экспрессивностью, что, в свою очередь, проявляется в многообразии словообразовательных методов, делая коммуникацию более динамичной, выразительной, разнообразной.

Литература

1. Большой энциклопедический словарь. – Москва : Большая Российская энциклопедия, 2003. – Т. 1–2.
2. Выготский, Л. С. / «Мышление и речь». — М.: Лабиринт, 1999. –352 с.
3. Кронгауз, М. А. Самоучитель олбанского. М.: ACT: CORPUS, 2013. 416 с.

4. Кучигина, С. К. Язык социальных сетей: тенденции развития — Текст: электронный [сайт]. — URL <https://cyberleninka.ru/article/n/yazyk-sotsialnyh-setey-tendentsii-razvitiya> (дата обращения: 09.09.2025).

УДК 81

О специфике перевода терминов атомной энергетики (на материале немецкого языка)

Меренкова Ирина Алексеевна, студент направления «Химическая технология»;

Ураев Матвей Алексеевич, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Гончарова Татьяна Владимировна, старший преподаватель

кафедры «Гуманитарные дисциплины»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье представлен анализ специфики перевода терминов атомной энергетики с немецкого языка на русский. Особое внимание уделяется контекстной реализации терминов и соблюдению технических стандартов и нормативов при переводе. В результате исследования было установлено, что при переводе терминов атомной энергетики необходимо учитывать взаимосвязь с историческими, социальными и политическими процессами в стране, а также обладать знаниями как технической составляющей, так и особенностей языка-источника и языка-реципиента.

Атомная энергетика — это сложная и высокотехнологичная отрасль, включающая множество специализированных терминов и понятий. Перевод технической документации и научных текстов в данной сфере требует глубокого знания как предметной области, так и особенностей языка-источника и языка-цели. Немецкий язык занимает важное место в мировой атомной энергетике благодаря развитию инженерных и научных школ в Германии, Австрии и Швейцарии. Несмотря на закрытие АЭС в Германии и Австрии, проблема изучения адекватного и точного перевода терминов этой области с немецкого языка остаётся актуальной. Хотя тема исследования касается больше лингвистических аспектов, тем не менее возникает необходимость обратить внимание на страноведческий аспект, поскольку политическая, экономическая и социально-культурная ситуация в стране находит своё отражение и в языке.

Как известно, Германия приняла решение постепенно отказаться от атомной энергетики, начав процесс закрытия АЭС ещё в конце XX века. Последняя атомная станция была закрыта 15 апреля 2023 года, став символом завершения ядерной эры в Германии. Основной причиной отказа стало желание снизить риски аварий и загрязнения окружающей среды. Таким образом, в связи с отказом Германии от атомной энергетики становится актуальным целый ряд слов: *der Atomaustieg*, *der Atomverzicht* и *der Kernaustieg*, которые дословно переводятся как «выход из атома», «отказ от

атома» и «выход из ядра» соответственно. С учётом общественно-политических реалий в стране они получают более точное понятие при переводе как «отказ от атомной энергетики» [1].

Термины атомной энергетики характеризуются высокой степенью узконаправленности и однозначностью. Однако при переводе с немецкого языка могут возникать сложности ввиду наличия многозначных терминов. Многозначность терминов проявляется в использовании общеупотребительных слов с узкоспециализированным значением, а также в наличии терминов с разными смысловыми оттенками и синонимов, что создает необходимость внимательного изучения и точной интерпретации в зависимости от контекста, в частности:

- Der Reaktor «реактор» может относиться как к ядерному реактору, так и к химическому.
- Der Stoff «вещество» в общеупотребительном смысле — это любое вещество, но в контексте ядерной энергетики может обозначать делящийся материал, как то: уран.
- Der Brennstoff «топливо» в общеупотребительном смысле — любое топливо, но в ядерной энергетике — это конкретный тип ядерного топлива, а именно: урановое.
- Die Strahlung «излучение» (радиоактивное, электромагнитное) в общеупотребительном смысле — «сияние, блеск» («die Strahlung der Sonne» можно перевести как «солнечное сияние»), но в ядерной энергетике только «излучение» или «радиация» в зависимости от контекста.
- Die Störung в технической терминологии означает «неисправность, нарушение работы, отказ» (Störung im Reaktor «неисправность в реакторе»), в общеупотребительном смысле — «помеха, беспокойство, нарушение» (Entschuldigen Sie die Störung «Извините за беспокойство»).

Для наглядности стоит привести пример перевода подобных терминов. Так, композит der Kühlmittelverluststörfall «авария с потерей теплоносителя» в преложении «Der Kühlmittelverluststörfall gilt als schwerwiegendes Szenario» можно перевести дословно «Случай потери охлаждающей жидкости считается серьёзным сценарием», но будет при этом искажать смысл и точность перевода, придавая слишком бытовое звучание и не отражая терминологии. Правильным же вариантом перевода является переведённое предложение «Авария с потерей теплоносителя считается серьёзным сценарием» [3].

Термины атомной энергетики обычно являются сложными по способу словообразования, состоящими из компонентов, объединённых в специальные терминологические единицы (например, die Kernenergie (ядро + энергия), die Atomkraft (атом + сила), das Atomkraftwerk (атом + сила + завод). Перевод требует не только знания лингвистических особенностей, но и точного понимания технического содержания. Более того, зафиксированы случаи употребления слова das Kernkraftwerk «ядерная электростанция» в совершенно другом значении. Композит из-за своего лексического состава der Kern «ядро», die Kraft «сила» и das Werk « завод» и из-за общественно-политической позиции Германии в отношении закрытия атомных электростанций приобретает совершенно иной смысл в отличии от предыдущего толкования и становится на примере употребления в качестве заголовка в одной научно-популярной статье « заводом по переработке ядер и шелухи от косточек

фруктовых плодов». Таким образом, для точной интерпретации значения всегда нужно учитывать контекст, а также реалии, в которых находится социум [4].

Исторически в Германии активно развивалась атомная энергетика, что привело к формированию специфической терминологии, отражающей местные стандарты, технические нормы и нормативы. При переводе важно учитывать эти особенности, чтобы сохранить смысл и точность. Некоторые технические понятия не имеют прямых эквивалентов в других языках, что требует создания адекватных переводных единиц, зачастую основанных на транслитерации, кальке или новом образовании терминов. Так, к примеру, слово *der Kaltstart* «холодный старт» — состояние, когда ядерный реактор запускается из холодного состояния без предварительной работы, в русском языке описывается фразой «холодный пуск» или «запуск в холодном режиме» [5]. *Der Warmstart* «теплый старт» — состояние, когда реактор запускается из теплого состояния после предварительного прогрева, стоит переводить аналогичным образом, то есть как «теплый старт» или «запуск из теплого состояния» [5]. *Die Reaktorhülle* «корпус реактора» — часть реактора, которая защищает его от внешних воздействий. В русском языке используется термин «корпус реактора», который является прямым переводом, но в языке-источнике «*Reaktorhülle*» имеет более узкое значение, указывая на определенную конструкцию с дополнительной защитой [5].

Официальные стандарты, межгосударственные нормы (например, DIN, DIN EN, международные стандарты МАГАТЭ, МКРЗ и национальные регламенты), содержат точную терминологию, которую важно правильно передать для соблюдения нормативных требований и обеспечения безопасности [6, 7, 8].

Использование специализированных словарей и глоссариев, таких как «*Deutsches Wörterbuch für die Nukleartechnik*» или Немецко-русский словарь по атомной энергетике под редакцией В.П. Кнутова, консультации с экспертами в области атомной энергетики и внимательное отношение к контексту и спецификациям документа — залог правильного и точного перевода текста такой сложной и специфической отрасли [5, 3].

Перевод терминов атомной энергетики с немецкого языка на русский — сложный и ответственный процесс, требующий глубокого знания как технической составляющей, так и особенностей языка-источника и языка-реципиента. Успешное решение данной задачи способствует развитию международного сотрудничества, обмену знаниями и повышению безопасности в сфере использования атомной энергии.

Литература

1. BASE. Phase-out of Nuclear Energy. URL: <https://www.base.bund.de> (дата обращения: 02.10.2025). – Текст: электронный.
2. Росатом. Энергетические реакторы типа ВВЭР. URL: <https://www.rosatom.ru/production/design/vver/> (дата обращения: 02.10.2025). – Текст: электронный.
3. Немецко-русский словарь по атомной энергетике / под ред. В. П. Кнутова. – М.:

Энергоатомиздат, 2005.

4. Ziel C1, Band 2. - Kursbuch. Hueber Verlag, Ismaning 2015. S. 106-107.
5. Deutsches Wörterbuch für die Nukleartechnik = Немецкий словарь по ядерной технике. – Berlin: Beuth Verlag, 2010.
6. DIN EN: Europäische Normen des Deutschen Instituts für Normung. – Berlin: DIN, 2000–2023. – URL: <https://www.din.de> (дата обращения: 02.10.2025). – Текст: электронный.
7. DIN: Deutsches Institut für Normung. – Berlin: DIN, 2000–2023. – URL: <https://www.din.de> (дата обращения: 02.10.2025). – Текст: электронный.
8. International Atomic Energy Agency (IAEA). Safety standards and terminology in nuclear energy. – Vienna: IAEA, 2000–2023. – URL: <https://www.iaea.org> (дата обращения: 02.10.2025). – Текст: электронный.

УДК 340

Особенности преподавания юридических дисциплин в техническом вузе

Минаев Кирилл Александрович,

кандидат юридических наук, заместитель руководителя

Балаковский инженерно-технологический институт — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», город Балаково

Представленная статья является отражением авторской позиции относительно структурных и содержательных аспектов изучения юридических учебных дисциплин в технических вузах. Затронутый вопрос носит практико-прикладной характер и представляется интересным в гносеологическом смысле. Материал адресован прежде всего коллегам-юристам, так или иначе связанным с процессом преподавания в непрофильных для себя вузах.

Совокупность юридических наук, именуемая юриспруденцией, – довольно специфическая и весьма объемная система теоретических знаний, имеющая свой понятийно-категориальный аппарат и методологию. И прежде чем говорить об особенностях преподавания юридических учебных дисциплин в непрофильном вузе, нужно четко обозначить целеполагание этого процесса.

Представляется необходимым разделить цели на две, хотя и связанные, но все же самостоятельно существующие составляющие: формальную и содержательную.

Первая из них представляет собой исполнение требований нормативных актов, к примеру, таких, как Федеральные государственные образовательные стандарты (а равно собственные образовательные стандарты у вузов, правомочных на их принятие). В частности, утвержденные такими стандартами универсальные (в основном), общепрофессиональные (реже), а иногда и профессиональные компетенции предполагают формирование у выпускника ряда навыков, образуемых как в результате изучения правовой тематики отдельных вопросов, так и общего

представления о государственно-правовой действительности.

В свою очередь, содержательная сторона вопроса обуславливает постановку задач методического толка, связанных с необходимостью соотнесения минимально необходимого объема учебного материала со временем, выделенным на его освоение, а также со спецификой информации, нетипичной для студента непрофильного вуза, и таких же методик ее изучения.

Но какой объем информации следует признать минимально необходимым для студента непрофильного (по отношению к юридическому) профиля подготовки? Представляется, что главной целью этого аспекта является формирование правового сознания и правовой культуры личности. Неслучайно, теория о структуре правосознания, включающей, среди прочего, оценку правовых явлений на основе знания о них, выдвинутая И.Е. Фарбером [1, с. 203-205] давно считается в отечественной юридической литературе классической. И дело здесь не только в известном принципе «*Ignorantia juris non excusat*» (незнание закона не освобождает от ответственности – лат.), но и в общем понимании элементов правовой системы, включающей систему права, систему законодательства, основы правоприменительного и правоинтерпретационного процессов.

В этой связи довольно сложным представляется решение задачи, где, с одной стороны, обозначена необходимость рассмотрения вопросов, являющихся частью формирования отдельных компетенций выпускника (к примеру, формирование нетерпимого отношения к коррупционному поведению), но, с другой, – изучение общих закономерностей государственно-правовой действительности. И все это, как правило, в весьма усеченный объем академического времени.

Здесь необходима некоторая ремарка, отражающая структуру всей юриспруденции: от теории государства и права, историко-правовых наук – к отраслевым, а в дальнейшем – и к практико-прикладным юридическим наукам. Ведь нет такой науки, как «правоведение». Это лишь учебная дисциплина, к тому же носящая межпредметный характер, затрагивающая фрагментарные вопросы (а иногда и только их части) из разных юридических наук.

Однако изучаемая информация ни в коем случае не должна носить казуальный характер. Инкорпорация материала здесь должна основываться на общей теории государства и права, не уходя, при этом, в правовую доктрину. В этом свете сложно не согласиться с одним из основоположников саратовской юридической школы М.И. Байтиным, отмечавшим, что «теория государства и права представляет собой фундаментальную отрасль правоведения, выполняя в его системе примерно ту же роль, что в области различных групп естественных наук выполняют математика, биология, теоретическая физика» [2, с. 19-20].

Поэтому курс правоведения (употребим наиболее распространенное наименование, как бы он ни назывался в отдельных вузах) вполне логично разделить на два раздела (модуля): общетеоретический и отраслевой. Первый из них призван сформировать у студентов общее понимание системы юриспруденции, взаимосвязи различных юридических дисциплин,

классификации форм государства (включая структурные элементы), структуры государственного аппарата и принципов распределения полномочий органов власти, понятия права, структуры его норм и форм. Знания, полученные в рамках первого раздела, являются необходимым базисом для дальнейшего изучения основ отраслевых юридических наук. В рамках этого же раздела возможно рассмотрение отдельных историко-правовых вопросов, например, связанных с формированием правовых систем (семей) различных государств. Но такие вопросы должны играть лишь вспомогательную роль, и их изучение является не целью, а средством для объяснения отдельных закономерностей возникновения, развития и функционирования государственно-правовых институтов. Именно общетеоретический модуль должен задать общий тон дальнейшему изучению материала, показать насколько важна точность и однозначность в рассмотрении юридических вопросов. Опуская тематику концепций правопонимания, следует отметить, что единственным правильным подходом в этом свете является неопозитивизм в призме современного нормативистского подхода. Любые попытки уйти от строгой логической последовательности объяснения права с нормативистской точки зрения в значительной степени размывают границы предмета изучения и приводят к ненужным дискуссиям относительно тех вопросов, которые следует рассматривать с позиций системности и диалектической взаимосвязи. В науке дискуссии по этому поводу возможны, но в учебной дисциплине, к тому же сильно лимитированной во времени, они вредны.

В свою очередь, подходы к структуре отраслевого модуля более свободны и могут зависеть, к примеру, от особенностей его реализации в рамках конкретной образовательной программы, где необходим уклон в определенную профессиональную тематику (допустим, в основы законодательства в строительстве) и даже от формы обучения (к примеру, на заочной или очно-заочной формах обучения вполне органичным представляется акцент на отрасли трудового права). Но свобода выбора тем для изучения не является абсолютной. Как правило, в рамках отраслевого модуля формируются практические навыки, обозначенные компетентностной моделью образовательных стандартов, о которых шла речь выше. Системность подхода здесь должна проявляться в определенной дедуктивной последовательности: от изучения общих норм – к частным. В то же время, изучение практико-прикладных вопросов (к примеру, из сферы правоприменительной деятельности) возможно лишь в качестве примеров, но не отдельных тем. Сами же темы могут быть из различных отраслей права, дабы не столько охватить свойственные им институты, сколько дифференцированно показать различия в предмете и методах правового регулирования через призму общей системности права. Иными словами, на этом этапе важно не столько попытаться дать максимально возможный объем материала, сколько сформировать навыки понимания основ той или иной отрасли права и логики изложения ее норм в соотношении с другими отраслями.

Стоит отметить, что методика преподавания юридических дисциплин студентам, обучающимся на технических направлениях подготовки и специальностях, имеет свои

особенности. Несмотря на то, что изучаемая тематика во многом является новой и нетипичной для людей инженерных профессий, подходы к освоению материала быстро усваиваются ими ввиду некоторой схожести методологии юридических наук с техническими. Прежде всего, это проявляется в точности информации. Юриспруденция, несмотря на свою гуманитарную сущность, не терпит беллетристики. Это максимально формализованная и от того точная наука, по крайней мере, в вопросах изучения базовых нормативных актов. Тем не менее, человеку, никогда прежде не сталкивавшемуся с поиском правовой информации, важно дать уже готовый материал для изучения и осмыслиения. Следует согласиться с Н.Н. Ефановой, увязывающей тематику поиска правовой информации с термином «legal research» – юридическим исследованием [3, с. 8], то есть с сугубо профессиональной деятельностью юриста. Для людей иных профессий это действительно слишком сложная (и порой ненужная) задача. Поэтому здесь не стоит говорить об исследовательской деятельности. При изучении юридических дисциплин в техническом вузе речь идет, в собственном смысле этого слова, об образовательном процессе, не затрагивающем научную проблематику вопросов.

Кроме того, в целях максимального упрощения процесса обучения, представляется необходимым не только обозначить перечень вопросов для изучения, но и сформировать для студентов алгоритм ответа на них со ссылками (если это допустимо в контексте конкретного вопроса) на положения нормативно-правовых актов. Такой подход позволит не только минимизировать нагрузку в рамках самостоятельной работы обучающихся, но и обозначить логику и последовательность правильного ответа на поставленный вопрос, что в контексте изучения формализованного материала представляется крайне значимым.

В целом же стоит резюмировать, что преподавание юридических дисциплин в техническом вузе должно проводиться с учетом специфики профессии, приобретаемой студентом. Излишняя перегруженность терминологией, попытка углубиться в научные вопросы юриспруденции, равно как и рассмотрение частных практических вопросов реализации права или правовой интерпретации, приведет лишь к непониманию студентом рассматриваемого материала и значительной растрате времени. Попытка «объять необъятное» наносит ущерб базовым темам, которые действительно должны быть изучены и будут полезными как для профессиональной деятельности, так и в обыденной жизни человека.

Литература

1. Фарбер, И. Е. Правосознание как форма общественного сознания / И. Е. Фарбер – Москва: Юрид. лит., 1963. – 206 с.
2. Теория государства и права: Курс лекций / Под ред. Н. И. Матузова и А. В. Малько. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юристъ, 2006. – 768 с.
3. Ефанова, Н. Н. Поиск правовой информации: стратегия и тактика / Н. Н. Ефанова. – Москва: Издательство Юрайт, 2013. – 197 с.

**Домашняя занятость женщин в контексте совершенствования семейной политики
и формирования социальной ответственности государства**

Михайлова Ольга Николаевна, кандидат философских наук,
заведующий кафедрой, доцент кафедры «Гуманитарные дисциплины»

Смирнова Ольга Владимировна, начальник Ресурсного центра

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

*Статья посвящена исследованию феномена домашней занятости женщин как
важнейшего показателя социальной динамики, влияющего на цивилизационно-экономическое
развитие и показатели благосостояния общества. Представленный анализ показателей и
качества женского домашнего труда в России, выявивший положительные эффекты и факторы
риска деятельности женщин по уходу за домом, с акцентуацией на её специфике позволил
обозначить рекомендательные меры по совершенствованию семейной политики в этом
направлении с повышением социальной ответственности государства.*

Домашняя занятость женщин в России представляет важный аспект социальной динамики, который обуславливает экономическое благосостояние и культурно-цивилизационное развитие общества. В условиях современного мира, где гендерные роли и семейные обязанности претерпевают изменения, необходимо переосмысление домашней занятости как фактора, способствующего формированию социальной ответственности государства.

В российском обществе исторически сложилась традиция, демонстрирующая высокую долю женщин, посвящающих себя домашним обязанностям благодаря укоренившимся стереотипам об их роли как хранительниц домашнего очага. По данным Росстата, значительное число женщин в возрасте от 25 до 64 лет ежедневно тратят несколько часов на ведение домашнего хозяйства, включая уход за детьми (особенно до 7–14 лет) и пожилыми родственниками [2]. При этом экономическая роль домашнего труда женщин многогранна: их вклад в создание домашней атмосферы, воспитание детей и поддержку семьи неоценим. Однако, его неформальность и неоплачиваемость не позволяют учесть домашний труд в валовом внутреннем продукте, что снижает видимость этого вклада в экономику.

Как показывает практика, характеру домашней занятости женщин в Российской Федерации присуща комбинация ролей: многие из них совмещают работу и домашние обязанности, что ведет к перегрузкам и стрессу с влиянием на карьеру и доходы. Социологическая статистика свидетельствует о том, что россиянки ежедневно тратят на работу по дому и заботу о близких в среднем 4 часа 20 минут, т.е. фактически женщины работают во вторую смену, но этот труд остается незамеченным. К примеру, в 2024 году они потратили 91,8 млрд часов на работу по дому — или 11,5 млрд рабочих дней, и если бы женщинам в России платили медианную российскую

зарплату за работу по дому, это стоило бы 34,3 трлн рублей, что эквивалентно 17% ВВП (ВВП РФ в 2024 г. – 201 трлн. руб.) [4]. Отсутствие официальной занятости ограничивает их социальную защиту, что требует государственной поддержки и признания их труда.

Формирование социальной ответственности государства предполагает разработку и реализацию политики, которая признает домашний труд важной составляющей социального и экономического развития страны. Для этого необходимо внедрять комплексные меры, способствующие признанию домашней занятости в рамках системы социального страхования и пенсий, расширять доступ к услугам по уходу за детьми и пожилыми, стимулировать участие женщин в экономической деятельности без утраты прав на семейную заботу. Важным направлением формирования социальной ответственности видится популяризация ценности домашнего труда и его уважения как важнейшей составляющей национальной культуры и социального прогресса. Важно внедрять стандарты, отражающие признание вклада женщин, осуществляющих домашнюю деятельность, в общем благополучии государства и общества [3]. Особое внимание следует уделять развитию инфраструктуры поддержки семей: расширению сети дошкольных учреждений, созданию специальных программ по профессиональной переподготовке и социальному обслуживанию самых уязвимых групп населения.

Российское государство предпринимает определённые усилия для поддержки семей и женщин, в частности, государственная политика направлена на поддержку рождаемости и снижение социальной нагрузки на женщин и оказывается в виде выплат материнского капитала после рождения ребенка, декретных выплат, налоговых льгот и развитии дошкольного образования [1]. Но эти меры недостаточны и не всегда эффективны при том, что существуют и нерешенные проблемы. Для совершенствования государственной семейной политики с учётом акцентов на специфике домашнего труда российских женщин можно предложить следующее:

- институционализация учёта ухода женщин за нуждающимися: введение национальной статистики и мониторинга неоплачиваемого труда с гендерным разрезом; признание ухода в системах социального страхования и пенсионного учёта (зачёт периодов ухода в пенсионные права);
- развитие инфраструктуры женского ухода: расширение сети дошкольных учреждений, создание муниципальных центров дневного ухода для пожилых, развитие услуг по уходу на дому (платных и субсидируемых), поддержка гибридных форм занятости (дневные смены, микро-сады);
- финансовая поддержка и налоговые льготы: введение регулярных пособий при длительном уходе за детьми и родственниками, налоговых вычетов для семей, вкладывающих средства в услуги ухода, субсидии для семей с низким доходом;
- политика гибкой занятости: стимулирование работодателями гибких графиков, частичной занятости с сохранением социальных гарантий, удалённой работы, права на отдых/перерывы для ухаживающих сотрудников;
- образовательные и информационные программы: просвещение о равном распределении

- домашних обязанностей, обучение базовым навыкам ухода и профилактики выгорания, поддержка волонтёрских и местных инициатив;
- поддержка социальных предпринимательских инициатив: гранты и льготы для организаций, создающих сервисы по уходу, технологические решения (платформы по подбору помощников, телемедицина для старших).

Подчеркнём, что всё отмеченное должно основываться на межведомственном взаимодействии и учитывать интересы женщин и семей в целом.

Внедрение предлагаемых мер имеет достаточный потенциал для эффективных позитивных изменений, но сопряжено и с определенными рисками, представленными в таблице 1:

Таблица 1

Социально-экономические эффекты и риски домашнего труда женщин

Позитивные эффекты	Риски и ограничения
усиление экономической независимости женщин	значительные бюджетные нагрузки на федеральном и региональном уровне
уменьшение женской бедности в пожилом возрасте	необходимость сложной комбинации между различными ведомствами
стимулирование рождаемости за счет снижения ограничительных барьеров	социокультурные барьеры, связанные с традиционным распределением стереотипов женских социальных ролей
улучшение качества жизни людей, нуждающихся в уходе	неравномерность доступа к услугам в отдаленных территориях страны
увеличение занятости и производительной активности	изменение ролевой модели «работающей матери»

С целью снижения рисков и роста позитивного эффекта при внедрении предложенных мер рекомендуется включить решение задачи формализации и поддержки ухода женщин на дому в среднесрочное планирование с целевыми индикаторами в федеральную стратегию демографической и социальной политики и запустить pilotные проекты по зачету периодов женского домашнего ухода в пенсионный стаж в определённых регионах с оценкой бюджетных последствий. Также необходимо увеличить финансирование муниципальной инфраструктуры ухода женщин за нуждающимися в подобной помощи и стимулировать частно-государственное партнёрство в услугах по уходу, ввести обязательную квоту или поощрения для работодателей, внедряющих гибкие режимы и сервисы поддержки ухаживающих сотрудников.

Представляется перспективным в этой связи активное использование информационных ресурсов части информирования о перераспределении домашних обязанностей и доступных услугах. Это позволит разрушить стереотипы о «мужских» и «женских» домашних обязанностях внутри семьи, повысит уровень знаний о важности справедливого и рационального распределения домашнего труда, подготовит детей к тому, чтобы они понимали, что забота о доме и выполнение бытовых обязанностей не имеет связи с гендером. Все это будет способствовать снижению и преодолению возникающих в быту конфликтов с осознанием действительной ценности домашнего труда и пониманием необходимости распределять эту нагрузку посильно и равномерно.

Заключая сказанное, подчеркнём, что домашняя занятость женщин по сути своей выступает

фундаментальным элементом устойчивости семей и воспроизводства человеческого капитала, и для эффективного решения демографических и социально-экономических задач современного российского общества необходим переход от фрагментарных мер к комплексной семейной политике. Такая политика должна признавать и компенсировать женский труд по домашнему уходу за нуждающимися, повышая таким образом социальную ответственность государства перед гражданами. Очевидно, что институционализация учета труда женщин по уходу, развитие доступной инфраструктуры, финансовая поддержка и создание условий для гендерного равенства в распределении домашних обязанностей снизят социальные риски, повысят качество жизни семей и укрепят социальную стабильность в долгосрочной перспективе.

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 15 марта 2025 г. № 615-р «Об утверждении Стратегии действий по реализации семейной и демографической политики, поддержке многодетности в Российской Федерации до 2036 года». – URL: <https://www.garant.ru> (дата обращения: 20.09.2025).
2. Всероссийский центр изучения общественного мнения. – URL: <https://wciom.ru> (дата обращения: 20.09.2025).
3. Женский труд в России и в мире: история, традиции, особенности / сост. С.В. Мудрова, М.М. Рудковская, Н.М. Ершова. – М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2024. – 1367 с.
4. Проект «Если» быть точным». – URL: <https://tochno.st> (дата обращения: 21.09.2025).

УДК 372.881.111.1

Социальный аспект формирования гибких навыков студентов инженерного профиля в русле преподавания специализированного английского

Прудникова Надежда Николаевна, кандидат педагогических наук, доцент,

доцент кафедры «Гуманитарные дисциплины»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

Статья раскрывает современные представления о формировании гибких навыков студентов инженерного профиля на примере лингводидактики специализированного английского. Объединение профессиональных и гибких навыков, а также глобальной компетентности приводит к синергетическому эффекту, оптимизируя становление иноязычной компетенции, социальной и гражданской ответственности выпускников технических факультетов. Инструментом реализации концепции позитивной взаимозависимости является обучение в сотрудничестве, востребованное предприятиями как реализующее актуальную повестку устойчивого развития.

Профессия инженера является определяющей в цивилизационном развитии. Работая в сложных условиях, инженеры обязаны проявлять сильные стороны личности, обладать навыками

коммуникации, критического анализа и этической оценки.

Инженерной сфере и производственным предприятиям свойственны неуклонные изменения и нарастающая сложность, в этой связи помимо управления многоаспектными социально-техническими системами инжиниринг требует гибких решений, которые влияют на людей. В условиях глобальной занятости и многовариантной рабочей среды от инженерных кадров требуются как специализированные, так и социальные навыки, которые повышают ценность их профессиональных компетенций. Несомненно, техническая компетентность как готовность к профессии – неотъемлемая характеристика идентичности инженера. Тем не менее, значимость данной профессии в обществе такова, что ее роль не ограничивается исключительно техническими функциями и задачами.

Компетенции, которые инженеры должны развивать, призваны служить преимуществом, отличающим конкурентоспособного работника от других специалистов со схожей квалификацией. В то время как жесткие навыки — это технические знания и опыт, необходимые для работы, гибкие навыки — это поведенческие компетенции и личностные качества, а также цели и варианты мотивации, востребованные на рынке труда [1, с.18].

Система гибких навыков не унифицирована и варьируется в разных контекстах и у разных авторов. Однако обзор литературы выявляет следующие варианты, наиболее актуальные для инженерной профессии: лидерские и управленческие качества, навыки межличностного общения и умение работать в команде, коммуникативные навыки, иноязычная грамотность, выработка решений и регулирование проблем, навыки управления конфликтами и ведения переговоров, ответственность за экономические, этические, культурные и экологические вопросы.

Специалисты в сфере лингводидактики задействованы в формировании как иноязычной компетенции, так и профессиональных характеристик инженеров. Курс английского языка для специальных целей предназначен для обучения взрослой аудитории и поэтому неизбежно подразумевает обсуждение глобальных проблем.

Исследования разных авторов демонстрируют взаимосвязь между профессиональными навыками и глобальной компетентностью. Результаты свидетельствуют о преимуществах внедрения в учебный процесс материалов, основанных на глобальных проблемах, что обеспечивает синергетический эффект, объединяя профессиональные навыки, навыки иноязычного, межличностного и межкультурного общения и глобальную компетентность. Подобное объединение положительно влияет на уровень высшего образования в целом [1-5].

Содержание понятия «глобальная компетентность» развивалось и трансформировалось от изначальных представлений об успешности в глобальной экономике до социального контекста участия в обсуждении и решении глобальных проблем на локальном уровне [2-3].

С внедрением повестки глобального подхода акцент лингвистического обучения сместился на эффективное освоение языка как средства личного и профессионального общения, а также на

воспитание социально-гражданской ответственности, обеспечивающей личное участие в решении глобальных проблем.

Преподавателям специализированного английского сложно фокусировать учебный процесс одновременно на подготовке студентов к успешному изучению целевого языка и формированию активной гражданской позиции. Тем не менее, иноязычные занятия становятся площадкой развития мышления и навыков решения проблем.

Способы интеграции глобальных проблем в процесс формирования профессиональных навыков, навыков иноязычного общения и глобальной компетентности на занятиях по специализированному английскому вариативны.

Предполагается, что сочетание профессиональных навыков, навыков межличностного иноязычного общения и глобальной компетентности расширяет перспективы будущего инженера и положительно влияет на процесс обучения и качество образования.

Как показывают исследования, привлечение внимания к таким глобальным проблемам, как бедность, расизм, проблемы инвалидов, пандемия, экологические катастрофы, риски роботизации и др., даёт студентам повод размышлять об острых социальных темах и осознавать их воздействие на людей в разных странах [4, с. 27].

Глобальное мышление помогает активизировать гражданскую позицию, так как подразумевает осведомленность о социальных проблемах и особенностях различных культурных групп.

Необходимо отметить, что гибкие навыки становятся новым критерием измерения успеха. Как показывает исследование Гарвардской школы бизнеса, на гибкие навыки приходится до 85% успеха человека, тогда как традиционные «жесткие навыки» составляют лишь 15% успеха отдельно взятой личности в социуме и профессии. Находясь на стыке ключевых компетенций и личностных качеств, гибкие навыки выполняют важную роль в совершенствовании поведения. Они позволяют ответственно справляться с различными жизненными ситуациями. С помощью гибких навыков студенты инженерного профиля способны преуспеть в условиях глобальной конкуренции.

Таким образом, именно гибкие навыки обеспечивают аспект глобального образования, который гармонично вписывается в обучение специализированному английскому.

Сам процесс изучения английского для специальных целей играет важную роль в решении глобальных проблем, поскольку интеркультурная и лингвистическая компетенции способствуют лучшему пониманию и общению.

Другие навыки социального аспекта образования и обучения иностранным языкам в высшей школе, а именно сотрудничество, командная работа, посредничество и разрешение конфликтов, наиболее востребованы в частных и государственных корпорациях. Важно отметить, что проекты, ролевые взаимодействия, моделирование и обучение в сотрудничестве как традиционные методы лингводидактики специализированного английского хорошо согласуются с

глобальным образованием.

Проекты позволяют углубленно изучать определенную тему и проявлять инициативу на протяжении всего периода работы. Часто проектная работа становится связующим звеном между обучением и реальной жизнью. Ролевые взаимодействия и моделирование способствуют развитию глобальных навыков, поскольку позволяют обучающимся анализировать решения и действия других людей в контексте, что обеспечивает важную связь между аудиторной работой и реальным миром.

Совместное обучение реализуется через проекты, ролевые взаимодействия и моделирование, поскольку они организуются в группах, но обучение в сотрудничестве представляет собой несколько иной вариант совместной деятельности. Сотрудничество основано на признании неоспоримой ценности взаимодействия между обучающимися. Благодаря успешному взаимодействию в аудитории студенты могут развить навыки и установки, необходимые для успешной кооперации в других сферах. Теоретические выводы подкрепляются фундаментальной концепцией позитивной взаимозависимости – ощущением себя частью команды, все участники которой находятся в равных условиях и поэтому зависят от индивидуальных и обюдных действий и решений. Позитивная взаимозависимость в реальной жизни способствует организованным действиям по гуманизации общества [5, с. 394].

Поскольку аудитория специализированного английского – это пространство формирования гибких навыков через перспективу педагогического воздействия, дополнительный акцент на глобальных проблемах и поиске их решений способствует воспитанию социально ответственных граждан.

Внедрение глобальной повестки в лингводидактику специализированного английского сопряжено с рядом трудностей. Перечислим некоторые из них:

- 1) отсутствие понимания важности глобальных вопросов;
- 2) тематическое, а не проблемное содержание дисциплины;
- 3) ограниченность результатов обучения в силу особенностей мышления на неродном языке;
- 4) отсутствие практических задач, связанных с глобальными проблемами;
- 5) преимущественно монокультурная аудитория, осведомленность которой ограничивается стереотипными представлениями о других странах.

Введение глобального контекста на занятиях по специализированному английскому происходит при использовании современных учебных материалов: аутентичных ресурсов, структурированных документов, мультимедийных представлений, а также методологической перспективы в русле глобального образования.

С учетом особенностей английского языка для специальных целей, современных требований занятости и уровня осведомленности студентов и преподавателей, исследователями предложены способы интеграции глобальных вопросов в процесс развития профессиональных навыков, гибких навыков и глобальной компетентности на лингвистических занятиях [1, с. 20].

В целях воспитания ответственных граждан и соответствия требованиям современного рынка труда преподавателям специализированного английского необходимо прилагать усилия для повышения эффективности лингводидактики, укрепления взаимопонимания и сотрудничества, а также стимулировать учебные взаимодействия посредством учета потребностей обучающихся.

В русле социальной значимости глобального контекста необходимо: расширять осведомленность обучающихся о важности глобальных проблем; дополнять базовую программу специализированного английского целевым контентом, посвященным глобальным проблемам; разрабатывать дополнительные материалы по глобальным проблемам для восполнения пробелов в существующих учебных материалах; поощрять обсуждение острых глобальных проблем в средствах массовой информации.

Литература

1. Fouzia Munir. Humanities Education for Engineering Students: Enhancing Soft Skills Development, Societies, MDPI, vol. 15(1), pages 1-20, January 2025.
2. Коваль Т. В., Дюкова С. Е. Глобальные компетенции — новый компонент функциональной грамотности / Т.В. Коваль, С.Е. Дюкова // Отечественная и зарубежная педагогика. 2019. Т. 1, № 4 (61). С. 112–123.
3. Кучурин В. В. Глобальная компетентность: возникновение и содержательная трансформация понятия во второй половине XX – начале XXI в. / В.В. Кучурин // Непрерывное образование: XXI век. 2024. Вып. 4 (48). DOI: 10.15393/j5.art.2024.9606
4. Martínez Lirola, M. Introducing global issues in a language classroom: getting to know other cultures through the analysis of multimodal texts from NGOs. International Journal of Education for Peace and Development, 3(1), 27–36. 2015.
5. Diachkova, Y., Sazhko, L., Shevchenko, L., & Syzenko, A. (2021). Global Issues in ESP Classroom: Challenges and Opportunities in Higher Education. Arab World English Journal, 12 (1)388 - 400. DOI: <https://dx.doi.org/10.24093/awej/vol12no1.26>

УДК 378.147

Формирование личности студента в цифровую эпоху: новые образовательные траектории

¹Скобликова Влада Алексеевна, студентка направления «Строительство»;

²Скобликова Екатерина Андреевна, старший преподаватель

¹Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково;

² «Вольский военный институт материального обеспечения» – филиал Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва, г. Вольск

В статье рассматривается процесс формирования личности современного студента в условиях повсеместной цифровизации. Анализируются вызовы и возможности, которые несет цифровая эпоха для высшего образования. Представлены две точки зрения на проблему: преподавателя информационных технологий, оценивающего дидактический потенциал и риски новых инструментов, и студента, воспринимающего цифровую среду как естественное пространство для развития и самореализации. В работе делается вывод о необходимости построения гибких, персонализированных образовательных траекторий, интегрирующих формальное и неформальное обучение.

Современная система высшего образования переживает фундаментальную трансформацию, обусловленную проникновением цифровых технологий во все сферы жизни. Цифровая эпоха не просто меняет инструменты и методы преподавания, она коренным образом влияет на самого субъекта образовательного процесса — студента. Процесс формирования его личности, профессиональных и надпрофессиональных компетенций сегодня протекает в совершенно новой среде, где границы между реальным и виртуальным миром стираются, а информация становится доступной как никогда прежде. Это ставит перед педагогическим сообществом сложную задачу: как направить этот процесс в конструктивное русло, используя возможности технологий и минимизируя их риски? Для всестороннего анализа этой проблемы необходимо рассмотреть ее с двух ключевых позиций: преподавателя, выступающего в роли наставника и организатора учебного процесса, и студента, являющегося активным участником и, в некотором смысле, соавтором своего образования.

С точки зрения преподавателя информационных технологий, цифровизация открывает беспрецедентные возможности для построения эффективного образовательного процесса. Интерактивные платформы, системы управления обучением (LMS), облачные сервисы и технологии виртуальной реальности позволяют отойти от традиционной лекционно-семинарской модели и перейти к персонализированному обучению. Появляется возможность создавать адаптивные курсы, которые подстраиваются под темп и уровень знаний каждого студента, предлагая ему индивидуальные задания и материалы. Это способствует развитию не только предметных знаний, но и таких важных качеств, как самостоятельность и ответственность за результат [1]. Проектная деятельность в цифровой среде, совместная работа над кодом в репозиториях или создание мультимедийных продуктов учат студентов работать в команде, эффективно коммуницировать и применять теоретические знания на практике.

Однако за этими возможностями скрываются и серьезные вызовы. Главный из них — это проблема информационной перегрузки и развитие «клипового мышления». Студенты, привыкшие к быстрому потреблению контента из множества источников, зачастую испытывают трудности с глубоким анализом информации, критическим ее осмысливанием и формированием целостной картины мира. Преподавателю приходится прилагать значительные усилия, чтобы научить студентов отличать достоверные источники от фейковых, развивать навыки фактчекинга и формировать устойчивость к информационному шуму. Кроме того, возникает вопрос о

сохранении живого общения и эмоционального контакта между преподавателем и студентом в условиях преобладания онлайн-форматов. Важно не допустить, чтобы цифровые инструменты стали барьером, а не мостом, соединяющим поколения и знания. Необходимо также учитывать проблему цифрового неравенства, когда не все студенты имеют равный доступ к современным технологиям и высокоскоростному интернету, что может создавать дополнительные барьеры для их успешного обучения [2]. Преподаватель информационных технологий видит свою роль не только в передаче знаний, но и в формировании у студентов цифровой культуры, этики поведения в сети и понимания ответственности за свои действия в виртуальном пространстве.

Для современного студента цифровая среда — это не что-то новое и чуждое, а естественное пространство, в котором он вырос и продолжает развиваться. Студенты воспринимают онлайн-курсы, вебинары, образовательные платформы и социальные сети как неотъемлемую часть своей жизни и, соответственно, своего образования. Они ценят гибкость, которую предоставляют цифровые технологии: возможность учиться в любое время и в любом месте, самостоятельно выбирать темп освоения материала и углубляться в те темы, которые вызывают наибольший интерес. Студенты активно используют интернет для поиска дополнительной информации, обмена знаниями с однокурсниками и преподавателями через мессенджеры и форумы, а также для участия в онлайн-сообществах по интересам. Это способствует развитию их самостоятельности, инициативности и умения учиться на протяжении всей жизни, что является ключевым навыком в быстро меняющемся мире [3].

Студенты видят в цифровых инструментах не только средство получения знаний, но и платформу для самовыражения и развития своих творческих способностей. Создание видеороликов, подкастов, блогов, участие в онлайн-конкурсах и хакатонах позволяют им демонстрировать свои таланты, получать обратную связь и находить единомышленников. Они ожидают от образовательного процесса интерактивности, геймификации и возможности применять полученные знания в реальных проектах, часто инициируя их самостоятельно. Студенты также осознают важность развития цифровых компетенций, таких как программирование, анализ данных, цифровая безопасность, и стремятся получить их в процессе обучения. Они готовы к экспериментам с новыми образовательными форматами и ожидают от вуза гибкости и готовности адаптироваться к их потребностям.

Однако студенты также сталкиваются с вызовами: сложность в различении качественного и некачественного контента, риск потери мотивации при самостоятельном обучении, а также необходимость развивать навыки самоорганизации и тайм-менеджмента, чтобы эффективно справляться с объемом информации и задач [4]. Они нуждаются в поддержке преподавателей, которые помогут им ориентироваться в цифровом пространстве, научат критически мыслить и находить баланс между онлайн- и офлайн-активностями.

Формирование личности студента в цифровую эпоху требует переосмысления

традиционных образовательных траекторий. Необходимо создавать гибкие, персонализированные модели обучения, которые будут учитывать индивидуальные особенности, интересы и темп каждого студента. Это означает отход от унифицированных программ к построению индивидуальных образовательных маршрутов, где студент может выбирать модули, курсы, форматы обучения и даже преподавателей. Цифровые технологии предоставляют для этого широкие возможности: от онлайн-курсов ведущих университетов мира до специализированных платформ, предлагающих обучение по узким направлениям.

Интеграция формального и неформального образования становится ключевым элементом таких траекторий. Неформальное обучение, включающее в себя онлайн-курсы, мастер-классы, участие в профессиональных сообществах, стажировки и проектную деятельность вне рамок учебного плана, приобретает все большую значимость. Вузы должны научиться признавать и интегрировать результаты такого обучения, создавая системы, где студенты могут накапливать цифровые портфолио, подтверждающие их компетенции.

Преподаватель, в свою очередь, трансформируется из транслятора знаний в наставника, фасilitатора и проводника в мире информации. Его задача — не просто передать факты, а научить студентов учиться, критически мыслить, решать проблемы и адаптироваться к постоянно меняющимся условиям. Это требует от преподавателей постоянного профессионального развития, освоения новых цифровых инструментов и методик преподавания. Важно создавать среду, где студенты чувствуют себя комфортно, задают вопросы, высказывают свое мнение и активно участвуют в процессе обучения. Обратная связь должна быть не только формальной, но и оперативной, конструктивной, помогающей студенту понять свои сильные и слабые стороны.

Студент же должен быть готов взять на себя ответственность за свое образование. Это означает активное участие в выборе образовательной траектории, постановку личных целей обучения, самостоятельный поиск информации и развитие навыков самоорганизации. Цифровая эпоха предоставляет ему инструменты для этого, но требует от него высокой степени мотивации, дисциплины и самоконтроля. Важно, чтобы студенты понимали, что образование — это непрерывный процесс, который не заканчивается получением диплома, а продолжается на протяжении всей жизни.

Таким образом, формирование личности студента в цифровую эпоху — это сложный, многогранный процесс, требующий синергии усилий преподавателей, студентов и образовательных учреждений. Новые образовательные траектории должны быть гибкими, персонализированными, интегрирующими формальное и неформальное обучение, а также ориентированными на развитие как предметных, так и надпрофессиональных компетенций. Цифровые технологии являются мощным инструментом в этом процессе, но их эффективное использование требует осознанного подхода, критического осмыслиения и постоянной адаптации к меняющимся реалиям. Только так можно подготовить выпускников, способных успешно

функционировать и развиваться в условиях стремительно меняющегося мира.

Литература

1. Зимняя И. В. Педагогическая психология: учебник для вузов. — М.: Логос, 2009. — 496 с.
2. Рогова Н. В., Гражданкина А. А. Цифровое неравенство как фактор, влияющий на доступность образования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. — 2019. — № 1. — С. 56-64.
3. Капто А. С. Образование в XXI веке: вызовы и перспективы // Высшее образование в России. — 2018. — № 10. — С. 15-23.
4. Абдурахманов К. И., Абдурахманов И. К. Цифровые компетенции как основа профессионального развития студентов // Инновации в образовании. — 2020. — № 5. — С. 78-85

УДК 304.442

Волонтерство как ресурс личностного роста студенческой молодежи

¹Стельмах Екатерина Денисовна, студентка направления подготовки «Педагогическое образование»,

²Стельмах Анастасия Михайловна, кандидат социологических наук,
доцент кафедры «Гуманитарные дисциплины»;

³Толок Екатерина Сергеевна, старший преподаватель кафедры «Гуманитарные дисциплины»;

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный педагогический университет», г. Воронеж;

^{2, 3}Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье анализируются мотивы участия студенчества в волонтерской деятельности с обоснованием волонтерства как выражения стремления оказывать поддержку другим людям, проявлять внимание и заботу и делиться своими ресурсами (временем, энергией, знаниями). Раскрывается специфика волонтерской работы с учётом различных форм и направлений её реализации: эмоциональной поддержки, материальной помощи, консультирования, совместной деятельности и общения.

Волонтерство представляет собой уникальную систему знаний и технологий в области управления человеческими ресурсами. Волонтерская деятельность выступает одним из важнейших инструментов реализации социальной инициативы, самоорганизации общества, а также служит одним из факторов сплоченности общества. Сплоченность формируется благодаря ценностно-нормативным взглядам, общим идеям, групповой идентичности. Социальной группой способной воплощать социальную инициативу, становится инициатором изменений в обществе выступает студенчество. Студенческий возраст характеризуется особыми условиями жизни, труда и быта, общественным поведением и психологией, характерной чертой нравственного развития в

этом возрасте является усиление сознательных мотивов поведения. Значимость участия студенческой молодежи в волонтерской деятельности определяется нравственным воспитанием, общечеловеческими ценностями культуры и нравственности, без которых государство обречено на гибель. Вопрос о потенциале использования молодежной волонтерской деятельности может рассматриваться как минимум в двух аспектах:

- влияние молодежного волонтерства на конкретно-историческую ситуацию, сложившуюся в обществе;
- влияние волонтерства на саму личность молодого человека, включающегося в данную деятельность.

В настоящее время волонтерская деятельность – один из наиболее распространенных видов общественной активности населения и уже это слово не вызывает вопросов о том, что это такое и чем волонтеры занимаются. В качестве элемента молодежной субкультуры добровольчество предполагает и самовыражение, и выработку гражданской позиции молодого человека. Волонтерское движение представляет собой определенную социальную общность, деятельность которой рассматривается как компонент сплоченности общества. Сплоченность в волонтерской деятельности проявляется в:

- поддержке вместо конкуренции. Волонтеры помогают друг другу справляться с физическими нагрузками, моральным напряжением и организационными проблемами. Именно такая атмосфера доверия и взаимопомощи формирует устойчивые связи внутри коллектива.
- доверии и отсутствии конфликтов. Отсутствие скрытого соперничества и открытых конфликтов способствует быстрому принятию решений и выполнению поставленных задач. Участники команды доверяют друг другу, что существенно экономит энергию и снижает вероятность ошибок.
- разнообразии участников. В волонтерских группах собираются самые разные люди — студенты, пенсионеры, специалисты разного профиля. Такое разнообразие приносит богатство идей и подходов, делая команду гибче и эффективнее.
- радости совместных достижений. Видимый положительный эффект от общего труда служит сильным объединительным фактором.

Готовность участия студенческой молодежи в волонтерской деятельности изучалась посредством проведения анкетирования, в котором приняли участие студенты Балаковского инженерно-технологического института – филиала НИЯУ МИФИ. При изучении особенностей мотивации к волонтерству среди студентов учитывалась возрастная специфика студенчества, психологическое состояние молодых людей, их жизненные приоритеты и интересы. Анкетирование позволило за короткое время получить необходимую информацию от значительного числа респондентов.

Ключевым вопросом, который позволяет исследовать аспект мотивации, на наш взгляд

выступает «Какие качества являются наиболее важными для волонтеров?». Результаты ответов распределились следующим образом (рис.1):

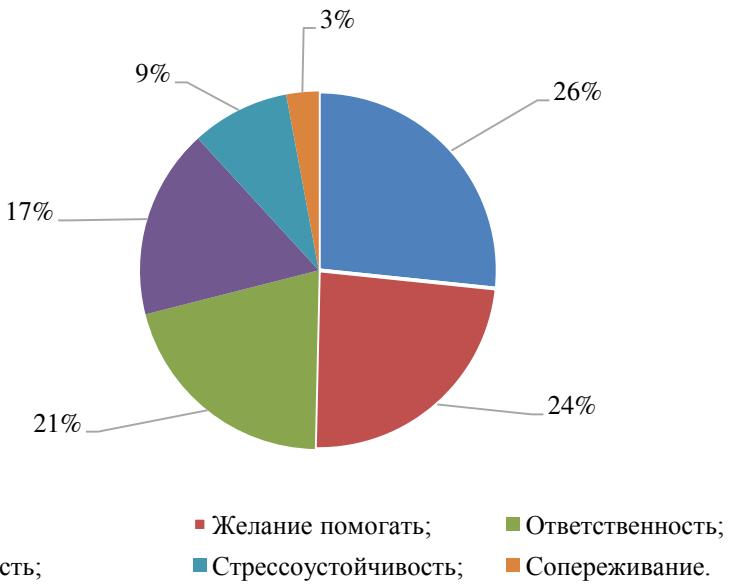


Рис. 1. Важные личностные качества волонтера

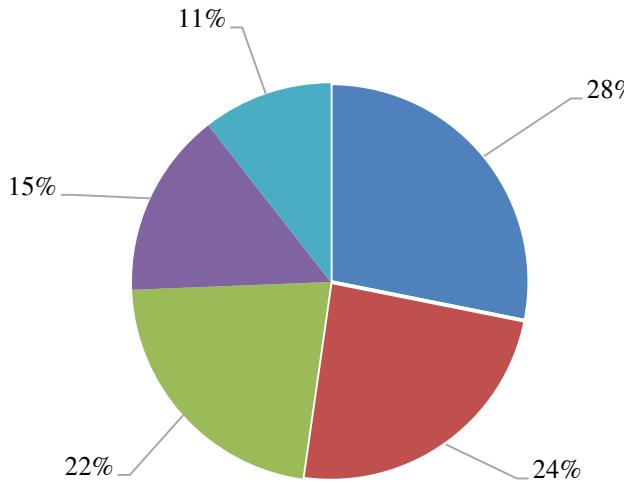
На вопрос о том, «Что лично вас привлекает в участии в волонтерских акциях» были получены следующие ответы (рис.2):



Рис. 2. Мотивы волонтеров

Мотивы молодых людей, приобщающихся к волонтерству, очень различны. Одними движет стремление исполнить свой долг христианина, другие руководствуются собственными интересами и склонностями, трети хотят быть членами команды, встречаться с людьми, получить опыт, который может пригодиться в дальнейшей жизни. Но чаще всего волонтерами движет стремление чувствовать себя нужным, полезным людям, заслужить уважение и поддержку окружающих.

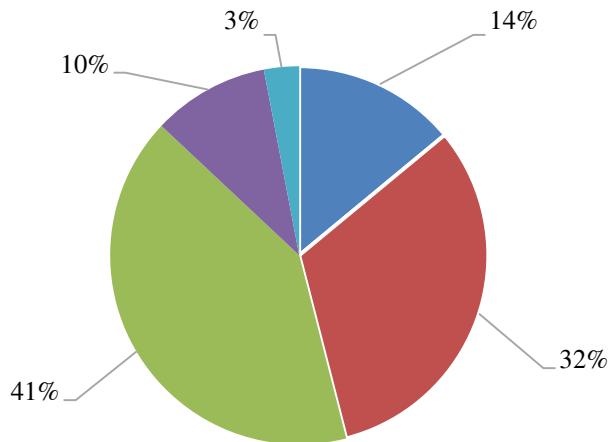
Далее респондентам предложили ответить на вопрос, «Какие виды волонтерской деятельности вам наиболее интересны?» (рис.3):



- Экологическое волонтерство;
- Социальное волонтерство (помощь пенсионерам, инвалидам и т.д.);
- Помощь бездомным животным;
- Культурно-просветительная работа;
- Научно-исследовательские проекты.

Рис. 3. Виды волонтерской деятельности

На вопрос «Как вы оцениваете уровень своего интереса к участию в волонтерских мероприятиях?» получены следующие ответы (рис. 4):



- Очень высокий;
- Высокий;
- Средний;
- Низкий;
- Совсем отсутствует.

Рис. 4. Уровень интереса к участию в волонтерских мероприятиях

Большинство респондентов испытывают желание помогать и участвовать в волонтерской деятельности. Менее востребованными оказались культурно-просветительская и научно-исследовательская работа, возможно по причине отсутствия информации.

На вопрос «Чего вы ожидаете от участия в волонтерской деятельности?» были получены следующие ответы (рис. 5):

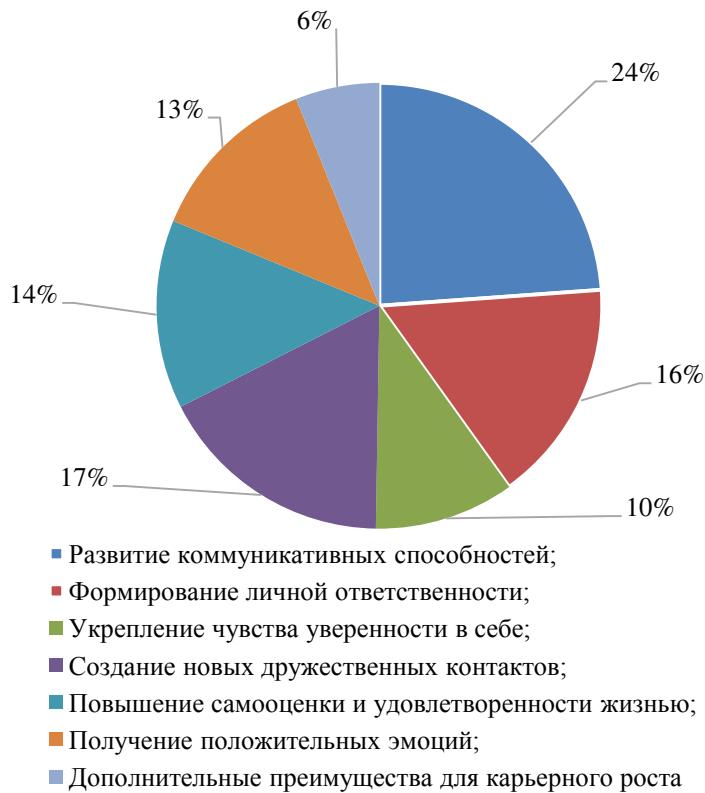


Рис. 5. Ожидания студентов от участия в волонтерской деятельности

Активное взаимодействие с участниками, организаторами волонтерских проектов является очень значимым для респондентов. Устное выражение благодарности волонтеру, а также в виде благодарственного письма, грамоты служит хорошим способом мотивации.

Основные мотивы участия студенчества в волонтерской деятельности можно классифицировать следующим образом:

1. Стремление к социальной справедливости. Молодежь видит общество справедливым и свободным, где каждый имеет равные возможности и права. Это отражает глубокое осознание общественных проблем и желание внести вклад в улучшение ситуации.

2. Гражданская активность и альтруизм. Энтузиазм, доброта и готовность помогать окружающим часто становятся ключевыми факторами привлечения добровольцев. Такие качества формируют позитивную атмосферу и способствуют формированию сильного гражданского сознания.

3. Желание быть полезным обществу. Многие участвуют в волонтерстве, потому что видят в этом способ принести пользу другим людям. Для многих это способ реализации личного потенциала и самовыражения через общественно значимую деятельность.

4. Неравнодушие к социальным проблемам. Наблюдение за негативными явлениями в обществе стимулирует молодежь действовать активно. Участие в волонтерских проектах позволяет выразить своё недовольство несправедливостью и предложить конкретные решения существующих проблем.

5. Самореализация и личностный рост. Для многих участие в волонтерстве становится возможностью развить личные компетенции, приобрести новые знания и опыт, познакомиться с интересными людьми и расширить кругозор.

6. Решение собственных и чужих проблем. Часто участие в волонтерском движении помогает человеку решать свои внутренние проблемы, развивать эмоциональную устойчивость и находить смысл своей жизни. Через помощь другим многие находят выход из кризисных ситуаций и укрепляют уверенность в себе.

Таким образом, волонтеры студенческого возраста движимы комплексом внутренних стимулов, сочетающих социальные ценности, личный интерес и потребность в самореализации. Именно сочетание перечисленных характеристик превращает волонтерство в мощный инструмент объединения и воспитания солидарности. Оно учит заботиться не только о конкретных людях или проблемах, но и друг о друге, формируя важные навыки сотрудничества и коммуникации. Волонтерство способствует развитию социальной зрелости и укреплению общественного духа.

Литература

1. Игнатова, Т.В. Волонтерство и добровольчество как формы социальной активности молодежи России /Т.В. Игнатова / В сборнике: Молодежь как социальная группа российского общества: статус, мобильность, особенности коммуникаций. Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции. Ульяновск, 2024. – С. 45-50.

2. Винья-Тальянти, Я., Есмурзаева, Ж.Б., Демидова, О.В., Куламихина, И.В., Абросимова, Е.А. Волонтерство как элемент воспитательной деятельности в вузе / Винья-Тальянти, Я., Есмурзаева, Ж.Б., Демидова, О.В., Куламихина, И.В., Абросимова, Е.А. // Современные научноемкие технологии. – 2021. – № 5. – С. 148–152.

УДК 621.039:342.9

Правовое регулирование безопасности атомной энергетики России:

вопросы технологического суверенитета и пути модернизации

Утенков Геннадий Николаевич, кандидат политических наук, г. Балаково.

Горшков Евгений Александрович, кандидат технических наук,
доцент кафедры социально-правовых и прикладных юридических дисциплин

Балаковский филиал ФГБОУ ВПО «Саратовская государственная юридическая академия»

В статье представлен критический анализ действующей системы правового регулирования безопасности атомной энергетики РФ в контексте реализации политики импортозамещения и технологического суверенитета. На основе официальных данных Росатома, Минэнерго и МАГАТЭ (IAEA PRIS) рассматриваются тенденции развития атомной энергетики в 2018–2024 гг., динамика правового регулирования, результаты импортозамещения и проблемы в области радиационной и технологической безопасности. Сделан вывод о необходимости модернизации законодательной базы и усиления институтов общественного и ведомственного контроля.

Атомная энергетическая отрасль Российской Федерации является одним из локомотивов развития промышленности. В условиях санкционного давления и геоэкономических ограничений именно атомный комплекс способен обеспечивать устойчивое энергоснабжение, экспортные поступления и развитие высокотехнологичных производств.

Актуальность темы обусловлена необходимостью балансировки между ускоренным технологическим развитием, импортозамещением и безусловным приоритетом безопасности. Целью данного исследования является анализ современного состояния правового регулирования безопасности атомной энергетики, выявление системных пробелов и формулирование прогнозов и рекомендаций по его совершенствованию на основе данных за период 2018–2024 годов.

Формирование современной правовой базы началось с принятия Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» (в ред. от 3 июля 2016 г.). К одному из основных принципов правового регулирования в области использования атомной энергии законодатель относит обеспечение безопасности при использовании атомной энергии, т.е. защиту отдельных лиц, населения и окружающей среды от радиационной опасности. [1] Этот закон создал основу для принятия целого комплекса Федеральных законов, касающихся атомной энергетики.

В настоящий период правовое регулирование в сфере использования атомной энергии и обеспечения ядерной и радиационной безопасности в Российской Федерации осуществляется через систему нормативных правовых актов, дополняющую федеральное законодательство и целевые программы. Сформированная структура полностью соответствует международным стандартам и включает пять основных групп документов: законодательные акты (Конституция РФ, международные договоры, федеральные законы); нормативные правовые акты Президента и Правительства РФ; федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии; нормативно-технические документы органов регулирования безопасности (руководства, инструкции, положения); а также нормативно-технические документы органов управления (СНИПы, ГОСТы, ОСТы, технические условия). Значительная консолидация отрасли произошла после принятия Федерального закона № 317-ФЗ от 1 декабря 2007 года, учредившего Государственную корпорацию по атомной энергии «Росатом» [2].

Ключевым институтом, обеспечивающим регулирование в области безопасности, выступает Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), правовой статус которой определен Постановлением Правительства РФ от 30 июля 2004 года № 401 [3]. Компетенция данного органа в части осуществления разрешительной и контрольно-надзорной деятельности конкретизирована в Постановлении Правительства РФ от 29 марта 2013 года № 280 «О лицензировании деятельности в области использования атомной энергии» [4].

Международно-правовой фундамент регулирования образуется за счет участия Российской Федерации в ряде основополагающих международных соглашений, к которым относятся Конвенция о ядерной безопасности (КЯБ) [5], Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб [6] и Конвенция о физической защите ядерного материала (КФЗ) [7]. Имплементация положений указанных документов в национальную правовую систему представляет собой обязательную предпосылку для полноценной интеграции страны в мировой рынок атомных технологий.

Анализ данных за семилетний период наглядно демонстрирует поступательное развитие атомно-энергетического комплекса России, несмотря на внешнеэкономические проблемы и барьеры [9-11]. Динамика ключевых показателей представлена в Таблице 1.

Таблица 1

Основные показатели работы атомной энергетики России в 2018–2024 гг.

Год	Количество действующих энергоблоков, ед.	Установленная мощность, ГВт	Выработка электроэнергии, млрд кВт·ч	Доля в энергобалансе России, %
2018	35	26,5	204	17,6
2019	36	26,7	208	18,0
2020	37	27,1	209	18,6
2021	37	27,3	214	19,1
2022	37	27,6	222	19,7
2023	37	27,7	222	19,9
2024	37	28,0	215	18,5

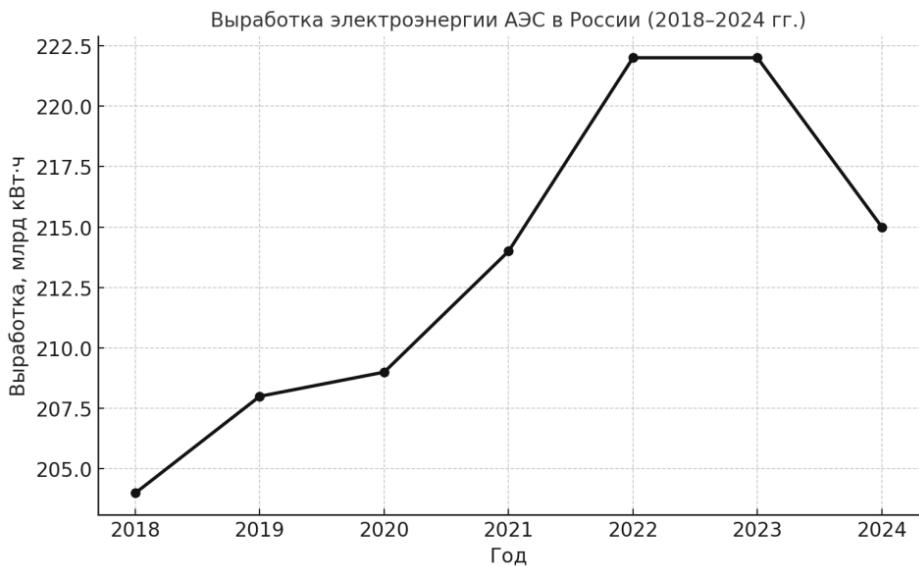


Рис. 1. «Выработка электроэнергии АЭС в России (2018–2024 гг.)»,
построенная по официальным данным IAEA PRIS, Росатома и Минэнерго РФ

По данным источников, на 1 января 2025 года в России действовал парк АЭС (реакторов) в количестве 36 единиц с суммарной установленной мощностью нетто около 26 802 МВт и брутто около 28 576 МВт [12]. Также отмечается, что доля атомной генерации в общей структуре выработки электроэнергии в России составляет порядка 20 % [13]. С точки зрения перспектив, Госкорпорация Росатом (Росатом) в своём отчёте за 2023 год указывала, что атомная энергетика

остаётся «одним из самых надёжных и при этом экологически чистых и дешёвых источников электроэнергии» [14].

В настоящее время государственной корпорацией «Росатом» сформирован комплексный научно-технологический и производственный задел, включающий как традиционно сильные компетенции, так и перспективные разработки в области машиностроения, логистики, цифровых технологий и иных актуальных направлений. Накопленный потенциал служит основой для укрепления позиций корпорации в качестве одного из мировых лидеров в сфере атомных технологий, а также для диверсификации ее деятельности в смежные неэнергетические сектора экономики, что вносит существенный вклад в обеспечение технологического суверенитета страны.

Реализация данного стратегического курса находит практическое выражение в решении ряда приоритетных государственных задач:

- в экологической сфере создана и функционирует федеральная государственная информационная система, обеспечивающая контроль и учет процессов обращения с промышленными отходами I и II классов опасности;
- в области ядерной медицины организован полный цикл разработки и серийного производства высокотехнологичного медицинского оборудования, к которому относятся, в частности, гамма-терапевтический комплекс «Брахиум» и комплекс для дистанционной лучевой терапии «Оникс», использующий в качестве источника излучения ускоритель электронов.
- политика импортозамещения, выступающая неотъемлемым элементом стратегии технологической независимости, последовательно реализуется и в сегменте программного обеспечения. Результатом данной работы стало создание более 70 собственных цифровых продуктов и решений, что снижает критическую зависимость от иностранных платформ.

Согласно данным Росатома, с 2018 по 2024 гг. доля локализованных компонентов в оборудовании для АЭС выросла с 60 % до 85 %. Наиболее активно процесс идёт в машиностроительном, инжиниринговом и цифровом дивизионах. Тем не менее, структурная зависимость сохраняется в сегментах прецизионных датчиков, программного обеспечения систем управления и высокоточных материалов.

По итогам 2024 года Государственная корпорация «Росатом» обеспечила правовую охрану за рубежом для более чем 140 объектов интеллектуальной собственности, что демонстрирует полуторакратный рост по сравнению с показателями предыдущего года [10]. Параллельно с этим организации корпорации инициировали процедуру международного патентования, подав свыше 280 заявок в более чем 30 иностранных юрисдикций.

Полученные охранные документы распространяются на ключевые технологические направления атомной отрасли, в частности:

- технологии атомных электростанций, базирующихся на реакторных установках поколения III+ (ВВЭР-1200, ВВЭР-ТОИ);

- разработки в области реакторов на быстрых нейтронах;
- оборудование для плавучих атомных теплоэлектростанций (ПАТЭС);
- решения для атомных станций малой мощности.

На рисунке 2 проиллюстрирована активность Росатома (2018–2024 гг.), отражающая рост инновационной деятельности и динамику локализации технологий по данным годовых отчётов Rosatom Public Report 2018–2024 [15-17].

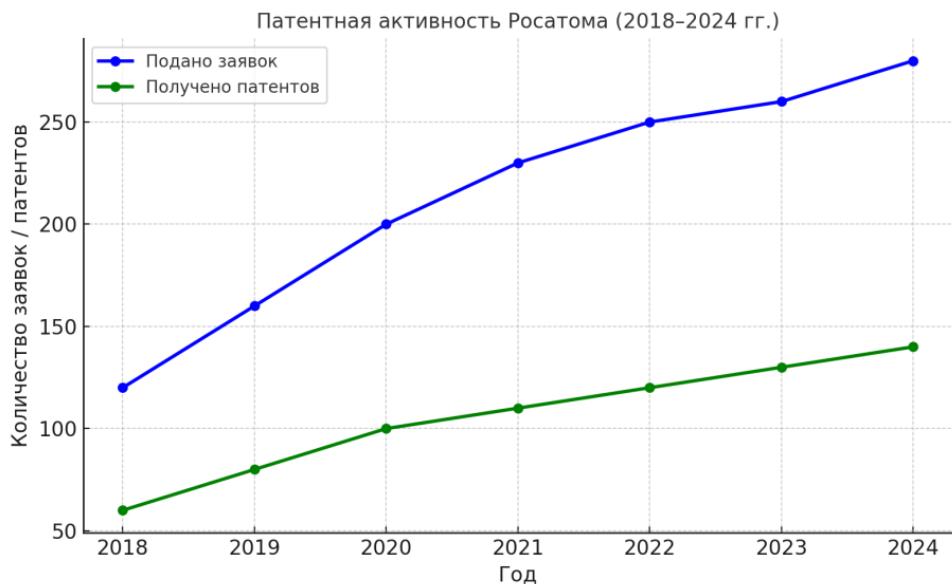


Рис. 2. Патентная активность Росатома (2018–2024 гг.)

Однако количественные показатели не отражают глубину локализации — часть разработок имеет смешанное происхождение (совместные патенты, лицензированные технологии).

Анализируя правовые механизмы безопасности и их эффективность, следует исходить из того, что государственное регулирование понимается как системная деятельность публичной власти, направленная на упорядочивание социально-экономических процессов через установление общеобязательных норм и правил. Нормативные правовые акты выполняют при этом функцию формального закрепления применяемых государством методов, образующих комплексный инструментарий экономического, юридического и административного характера [18, с. 552]. Как отмечает Е.П. Губин, сущность данного процесса заключается в целенаправленном воздействии государственных институтов на систему общественных отношений с целью обеспечения сбалансированного развития в условиях рыночной экономики [19, с. 316].

Система обеспечения ядерной и радиационной безопасности в России, как отмечалось, базируется на трёхуровневой модели регулирования, включающей:

- государственное управление — Министерство энергетики РФ и Госкорпорация «Росатом», реализующие стратегию и программы отраслевого развития.
- надзор и контроль — Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), осуществляющая лицензирование, инспекции, расследование инцидентов.

- международное регулирование — участие России в системе МАГАТЭ и выполнение обязательств по Конвенции о ядерной безопасности (1994 г.) и другим соглашениям.

Эта структура формально охватывает весь цикл использования атомной энергии — от добычи урана до утилизации радиоактивных отходов, — но на практике между уровнями нередко возникает дублирование функций и задержка в реагировании на новые риски.

В настоящее время развитие атомного энергетического комплекса отражено в нормативных актах Правительства Российской Федерации [20]. В частности, поставлены задачи: а) ускорения технологического развития Российской Федерации, б) увеличения количества организаций, осуществляющих технологические инновации, в) координации государственных программ научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса, программ инновационного развития компаний с государственным участием, г) создания отраслевых центров компетенций по приоритетным направлениям технологического развития топливно-энергетического комплекса, д) создания инжиниринговых центров и испытательных полигонов, центров тестирования и сертификации новой продукции, е) развития венчурного бизнеса в сфере инноваций, ж) совершенствования механизмов государственной поддержки инновационных проектов в отраслях топливно-энергетического комплекса.

В сфере правового регулирования атомной энергетики сохраняется комплекс нерешенных проблем, требующих системного подхода. К числу наиболее актуальных вопросов относятся: обращение и финальная изоляция радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива; анализ последствий ядерных инцидентов и обеспечение физической защиты объектов в условиях вооруженных конфликтов; установление надежного контроля над радиоактивными источниками в целях радиационной безопасности и недопущения их несанкционированного применения; а также вопросы безопасной эксплуатации ядерных установок, особенно в контексте продления срока их службы. Их разрешение обусловлено необходимостью разработки не только технологических, но и специализированных правовых механизмов [21, с. 75–94].

Определенная сложность в решении этих проблем в известной мере связана с особым статусом атомной отрасли в нашей стране. Первоначально сформированная как закрытая структура оборонной направленности, она длительное время функционировала в условиях режима секретности. Следствием этого стало отсутствие своевременного законодательного регулирования общественных отношений в сфере атомной энергии, что усугубляло риски, связанные с обеспечением безопасности населения и окружающей среды. В советский период так и не был принят комплекс законов, устанавливающих правовые основы и принципы безопасности, направленные на защиту здоровья граждан, имущества и экосистем от потенциального радиационного воздействия [22, с. 30-48].

В настоящее время, по мнению российских юристов, законодательство в России в области атомной энергетики все еще формируется. При этом особенностью данной области является

совмещение норм различных отраслей права, включая конституционное, гражданское, административное, земельное, экологическое и других.

Проведённый анализ показывает, что российская атомная энергетика демонстрирует устойчивое развитие и сохраняет ключевое значение в структуре национального энергобаланса.

Литература

1. Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» // Собрание законодательства РФ. – 1995. – № 48. – Ст. 4552.
2. Федеральный закон от 1 декабря 2007 г. № 317-ФЗ «О Государственной корпорации по атомной энергии „Росатом“» // СЗ РФ. – 2007. – № 49. – Ст. 6078.
3. Постановление Правительства РФ от 30 июля 2004 г. № 401 «О Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору».
4. Постановление Правительства РФ от 29 марта 2013 г. № 280 «О лицензировании деятельности в области использования атомной энергии» // СЗ РФ. – 2013. – № 14. – Ст. 1709.
5. Конвенция о ядерной безопасности. Заключена в Вене 20 сентября 1994 г. // МИД РФ. URL: <https://mid.ru> (дата обращения 31.10.2025).
6. Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб [Электронный ресурс] : заключена в Вене 21 мая 1963 г. // Официальный сайт Министерства иностранных дел Российской Федерации. – URL: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_contracts/international_contracts/multilateral_contract/51271/ (дата обращения: 31.10.2025).
7. Конвенция о физической защите ядерного материала [Электронный ресурс] // Организация Объединенных Наций. – 1979. – URL: https://www.un.org/tu/documents/decl_conv/conventions/pdf/nucmat.pdf (дата обращения: 31.10.2025).
8. Новая эпоха атома. //https://www.ng.ru/economics/2022-12-01/4_8603_30112022.html (Дата обращения: 15.10.2025).
9. IAEA PRIS (Power Reactor Information System): Country Statistics – Russian Federation, 2018–2024. URL: <https://pris.iaea.org>.
10. Росатом. Public Annual Report 2024. – М.: Госкорпорация «Росатом», 2025. – С. 12–18.
11. Министерство энергетики РФ. Годовые отчёты по ТЭК за 2018–2024 гг. – <https://minenergo.gov.ru>
12. Operational & Long-Term Shutdown Reactors // Power Reactor Information System (PRIS). – International Atomic Energy Agency (IAEA). – URL: <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU> (дата обращения: 31.10.2025).
13. Доля атомной генерации в России составила 20% [Электронный ресурс] // ТАСС. — 2019. — URL: <https://tass.ru/infographics/9893> (дата обращения: 31.10.2025).
14. ГОДОВОЙ ОТЧЕТ Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» за 2023 год [Электронный ресурс]. – М. : Росатом, 2024. – 156 с. – URL: <https://www.report.rosatom.ru/>

go/rosatom/go_rosatom_2023/rosatom_2023_ru.pdf (дата обращения: 10.05.2025).

15. Госкорпорация «Росатом». Public Annual Report 2018–2024. – М.: Росатом, 2025. – Раздел «Инновации и патентная активность».

16. World Nuclear Association. Nuclear Power in Russia (2024 Edition). URL: <https://world-nuclear.org>

17. Министерство промышленности и торговли РФ. Доклад о реализации программы импортозамещения в 2024 г. – <https://minpromtorg.gov.ru>.

18. Тарановский Ф.В. Энциклопедия права: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по юрид. специальностям. 3-е изд. СПб.: С.-Петербург. ун-т МВД России, 2001. 552 с.

19. Губин Е.П. Государственное регулирование рыночной экономики и предпринимательства: правовые проблемы: монография. М.: Норма: ИНФРА-М, 2017. 316 с.

20. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. №1523-р Об Энергетической стратегии РФ на период до 2035 г.; Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2025 г. № 908-р Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 г.

21. Лизикова М.С. Атомная энергетика: накопленные правовые проблемы и современные решения.// Труды Института государства и права РАН. 2024. Том 19. № 2. С. 75–94.

22. Грищенко А.И. «Атомное законодательство, как составная часть энергетического законодательства», «Бизнес и право в России и за рубежом» №1, 2013г., с.30–48

23. Отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2023 год [Электронный ресурс]. – М. : Ростехнадзор, 2024. – URL: <https://www.gosnadzor.gov.ru/activity/report/> (дата обращения: 31.10.2025).

УДК 711

Выявление локальной идентичности через городской брендинг

Щеголева Алена Александровна, начальник научно-инновационного центра

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье анализируется феномен локальной идентичности города и его роль в формировании территориального образа. Рассматриваются успешные примеры брендинга российских городов, выделяются основные функции и инструменты создания городского бренда. Особое внимание уделено брендингу города Балаково. Также описывается взаимосвязь между эффективной стратегией брендинга и развитием креативных индустрий.

В условиях усиливающейся конкуренции между городами за инвестиции, трудовые ресурсы и привлечение внимания туристов способность раскрыть и сохранить свою уникальность

становится важнейшей задачей территориального развития. Уникальный образ города формируется на основе локальной идентичности – совокупности уникальных признаков, символов и ценностей, а также исторических, культурных, архитектурных и природных особенностей, которые формируют индивидуальный образ территории и отличают ее от других населённых пунктов. Именно локальная идентичность формирует восприятие города его жителями и туристами, позволяет создать устойчивые ассоциации и выделить его среди множества других территорий.

Один из эффективных способов сохранения и осмысления локальной идентичности – развитие городского брендинга. Этот процесс направлен на создание и продвижение уникального облика города, повышающего его узнаваемость среди прочих территорий и способного привлекать новых жителей, инвесторов и туристов. Кроме того, наличие яркого и понятного бренда способствует формированию чувства сопричастности у горожан, помогает им гордиться своим городом и положительно влияет на его имидж за пределами региона.

Основой формирования бренда выступает выявление значимых для города символов, ценностей и смысловых ассоциаций. Например, в городах с богатым историко-культурным наследием может быть сделан акцент на памятниках, музеях и фестивалях; в живописных городах – на природных достопримечательностях или маршрутах для экотуризма и локальных ландшафтах. Таким образом, локальная идентичность помогает не только сохранить уникальность города, но и выгодно выделить его на фоне других территорий.

Городской брендинг выполняет ряд функций, которые способствуют сохранению локальной идентичности:

- формирование уникального образа города, который отличает его от других территорий;
- привлечение туристов, инвесторов и других целевых аудиторий, заинтересованных в специфике города;
- консолидация местного сообщества вокруг общих ценностей и формирование сплоченных городских культур;
- способствование сохранению культурных и исторических объектов через включение их в брендовый нарратив;
- продвижение города не только внутри своего региона, но и в стране, что открывает новые возможности для развития и привлечения инвестиций.

В конкурентной борьбе между городами и регионами за квалифицированные кадры и финансовые ресурсы всё большее значение приобретают креативные индустрии. Эти отрасли – такие как дизайн, архитектура, цифровые медиа, искусство, культурные практики и городские фестивали – становятся мощным драйвером экономического роста и улучшения качества городской среды.

Креативные индустрии стимулируют экономику прямым вкладом в муниципальный

бюджет, созданием рабочих мест, развитием малого бизнеса, а также способствуют появлению новых видов городской инфраструктуры, приросту туристического потока и повышению инвестиционной привлекательности территорий.

Особенно сильна взаимосвязь между развитием креативных индустрий и стратегией городского брендинга. С одной стороны, формирование яркого, выразительного бренда способствует лучшей узнаваемости города и выстраиванию позитивного имиджа, что создает благоприятную среду для притока творческих профессионалов, стартапов и компаний из новых отраслей. С другой стороны, именно креативные индустрии часто становятся генераторами уникальных смыслов, символов и проектов, наполняя бренд содержанием и делая его не только узнаваемым, но и динамичным, современным, способным изменяться во времени.

Такое пересечение экономики и культуры даёт эффект синергии: туристический и событийный бренд, поддерживаемый креативными проектами, стимулирует рост числа приезжих, развивает сектор гостеприимства, способствует популярности города на внешних рынках. В свою очередь, устойчивый интерес к местным культурным мероприятиям и атмосфере способствует дальнейшему развитию самих креативных индустрий, привлекая частные инвестиции, расширяя рынок труда и возможности профессиональной реализации.

Таким образом, выстраивание эффективной системы поддержки креативных индустрий и развитие сильного городского бренда являются взаимосвязанными задачами, реализуя которые, города обеспечивают устойчивое развитие, усиливают конкурентоспособность и повышают качество жизни для жителей и гостей.

Далее в статье приведены примеры удачного брендинга российских городов и регионов.

Москва. Главный город страны, который ассоциируется с Кремлем и пятиконечной красной звездой, – яркий пример устойчивого символа, закреплённого в общественном сознании и отражённого в логотипе города. [1]



Рис. 1. Логотип Москвы, разработанный студией А. Лебедева

Вологодская область демонстрирует интересный опыт формирования регионального бренда, основанного на общественном выборе символа. В процессе интернет-голосования жители региона самостоятельно определили визуальный образ, наиболее точно отражающий их представления о родной территории. Наибольшее число голосов получил логотип в виде красной «кружевной» птицы на белом фоне, взятый из работы вологжанки А. Ракчеевой. Этот пример подтверждает, что успешные элементы идентичности могут быть сформированы без участия профессиональных дизайнеров, а с опорой на инициативу и предпочтения местного сообщества. [2]



Рис. 2. Логотип Вологодской области

Урюпинск. Случай, когда негативные стороны превращаются в особенность. Ярким примером служит слоган города: «Урюпинск – столица русской провинции». «В 60-х годах образ Урюпинска как символа глухой глубинки, запечатленный в рассказе и одноименном фильме «Судьба человека», окончательно привил жителям города комплекс провинциальности. И пока одни даже стеснялись признаться, что родом из Урюпинска, другие решили сделать недостаток привлекательной особенностью». [3]



Рис.3. Визуальная составляющая бренда Урюпинска

Мышкин. Символика города была напрямую связана с его уникальным названием и местной легендой о спасении князя мышью. Эта ассоциация легла в основу городской туристической стратегии: большинство музеев, городских праздников и сувенирной продукции тематически связаны с образом мыши. Город сохранил купеческую историческую застройку и провинциальный уклад жизни, что позволяет ему позиционировать себя не только как место культурного туризма, но и как провинциальную музейную столицу России.



Рис. 4. Музей «Мышкины палаты» (Дворец мыши) в городе Мышикин [4]

Мурманск. В основу концепции бренда города лёг тезис: «Мурманск – форпост России в Арктике». Вечерняя подсветка суперского заполярного форпоста вдохновила дизайн-студию LINII создать неожиданно яркую и красочную айдентику. Логотип разработан с учётом тесной единой структуры букв, фирменных цветов и локальных пиктограмм. Недостающую до квадрата ячейку занимает пиктограмма-кирпичик, символизирующая одну из важных составляющих города. [5]



Рис.5. Визуальная составляющая бренда Мурманска (итерации логотипа с различными пиктограммами), разработчик Stas Marketin, LINII

Особенно остро задача поиска местной уникальности стоит перед небольшими и провинциальными городами, находящимися вне крупных транспортных артерий и туристических маршрутов. Для таких городов крайне важно выявить индивидуальные черты, зафиксировать их в визуальных и смысловых элементах, создать привлекательный слоган или логотип, которые смогут стать символами территории.

В связи с этим, в качестве отдельного кейса рассмотрим опыт брендирования города Балаково, промышленного узла Саратовской области, расположенного в 180 км от областного центра и примерно в 1000 км от Москвы. Основанный в 1762 году на левом берегу Волги, Балаково отличается насыщенной историей и значимыми событиями, связанными с

индустриализацией середины XX века. Именно тогда в городе началось строительство ряда крупных предприятий, из которых пять получили статус всесоюзных ударных комсомольских строек.

В городе много сохранившихся исторических и архитектурных памятников регионального и федерального значения, а также купеческой застройки. Дополнительную привлекательность городу придают песчаные пляжи на берегу Волги и возможности для рыбалки, благодаря чему Балаково пользуется спросом среди отдыхающих и любителей рыболовного туризма.

Необходимо отметить, что в Балаково развивается и событийный туризм. С 2014 года ежегодно проходит гастрономический фестиваль клубники, что расширяет имидж города посредством пищевой культуры и интерактивных мероприятий. Фестиваль стал узнаваемым событием, удостоенным дипломов в номинации «Еда как событие». [6]

Несмотря на разнообразие предлагаемых вариантов досуга, большинство туристов посещают Балаково преимущественно в формате кратких поездок. Как правило, гости прибывают на один день – из соседних городов или с речными круизами на теплоходах. Существенную долю тех, кто задерживается в городе, составляют специалисты, приезжающие для временной или длительной работы на местных промышленных предприятиях.

Проблема низкой туристической активности в городе во многом объясняется отсутствием четкого позиционирования Балакова на внешнем рынке, недостаточно развитыми инструментами его продвижения и отсутствием единого туристического кода. Несмотря на наличие интересных объектов и событий, город не обладает ярким, узнаваемым брендом, способным привлечь внимание широкой аудитории. Это подчеркивает важность не только создания привлекательной туристической среды, но и грамотной «упаковки» особенностей города.

Впервые на официальном уровне к разработке бренда Балакова приступили в 2019 году в рамках мероприятий, проводимых Концерном «РОСАТОМ» для городов присутствия атомных станций (каким является и Балаково). Для создания концепции бренда было привлечено агентство CityBranding. В основу легла уникальность Балакова как единственного в стране города пяти всесоюзных ударных комсомольских строек. В числе слоганов были предложены «Балаково – город пяти» и «Балаково, дай пять!». При этом символика цифры пять получила многослойное значение, охватив не только стройки, но и пять ключевых направлений городской жизни: промышленность, архитектуру, спорт, события и известных балаковцев.

Логотип бренда был выполнен в виде молекулы с пятью цветными лучами, в центре которой заложена шрифтовая комбинация заглавной буквы «Б» и цифры «5» (рис. 4 а).

Развитием бренда занимались муниципальное учреждение «Молодежная инициатива» и Туристическо-информационный центр Балаково. Основной акцент в их деятельности был направлен на позиционировании города на всероссийском туристическом рынке. Так, в рамках этой работы концепция «города пяти» была успешно представлена на Russian Event Awards –

национальной премии в сфере событийного туризма. [7]

В условиях пандемии COVID-19 визуальное оформление бренда пришлось адаптировать с целью избежания нежелательных ассоциаций: из логотипа была убрана молекула, напоминающая вирус, а также добавлен паттерн с абрисами основных достопримечательностей. Идея города-пятерки при этом была сохранена (рис. 4 б).



Рис.4. Визуальная составляющая бренда «Балаково – город пяти»:

а – первоначальный вариант в виде молекулы, б – логотип после корректировки:
сохранена основная идея объединения буквы «Б» и цифры «5»

В 2025 году автором статьи совместно с Туристическо-информационным центром Балаково была организована встреча, посвящённая вопросам локальной идентичности и городского бренда. В обсуждении приняли участие активные балаковцы, которые отметили, что инициатива по разработке бренда является своевременной и действительно важной для Балакова. В ходе дискуссии прозвучал ряд предложений по дальнейшему развитию бренда для более полного отражения уникальности города.

На сегодняшний день формирование бренда города Балаково остается открытым вопросом, требующим продолжения общественной дискуссии и поиска баланса между историей, промышленностью, культурными инициативами и современными трендами городской идентичности.

Данный пример иллюстрирует ключевые сложности в процессе разработки городского бренда: необходимость учитывать многогранную историю и менталитет территории, сбалансировать интересы различных групп горожан, интегрировать культурные традиции и современные инициативы.

Литература

1. ARTLEBEDEV: [сайт] / Логотип Москвы / Студия Артемия Лебедева. – Москва. 2014 – URL: <https://www.artlebedev.ru/moscow/logo/> (дата обращения: 10.10.2025).
2. Чекушина, С.С. Роль бренда Вологодской области в системе национальных брендов России / С.С. Чекушина. – текст : электронный // НАУЧНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ. – 2024. – №2 (23) – С. 156-

159 – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=62783291> (дата обращения 10.10.2025)

3. Лучшие практики малых городов России : [сайт] / Практика брендинга Урюпинска. –2025 – URL: <https://www.town-practices.ru/practices/urupinsk/> (дата обращения: 10.10.2025).

4. Туристско-информационный центр Мышкина : [сайт] / Музеи. Познай свой Мышкин. – Мышкин. 2024 – URL: <https://visitmyshkin.ru/page9> (дата обращения: 25.10.2025).

5. MONOKLER : [сайт] / Брендинг российских городов: подборка самых запоминающихся брендбуков последних лет. – URL: <https://monocler.ru/brending-rossiyskih-gorodov-takoy-otchayannyiy-i-muchitelnyiy/> (дата обращения: 10.10.2025).

6. Правительство Саратовской области: официальный сайт. – Саратов. – URL: https://saratov.gov.ru/gov/news/festival_klubniki_i_klubnichnoe_rozhdestvo_v_balakovo_proizveli_otlichnoe_gastronomiceskoe_vprechatl/ (дата обращения: 10.10.2025).

7. Администрация Балаковского муниципального района: официальный сайт. – Балаково. – URL: <https://admbal.ru/news/kommentariy-administrats%D0%BB%D0%BBii-balakovskogo-munitsipalnogo-rayona/> (дата обращения: 10.10.2025).

СЕКЦИЯ 6

«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ, ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ»

УДК 65.012

Логистика в энергетике

Винтовкина Диана Дмитриевна, студент направления «Экономика»

Устинова Наталья Николаевна, старший преподаватель кафедры

«Экономика, организация и управление на предприятиях»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье исследуется актуальность применения логистического подхода в управлении энергетической отраслью. Доказывается, что энергетический поток по своей природе является логистическим объектом управления, требующим оптимизации и интеграции всех сопутствующих процессов. Рассматриваются ключевые особенности энергетических потоков и анализируются практические аспекты внедрения логистических принципов для повышения эффективности, надежности и экономической устойчивости энергетического сектора. Особое внимание уделено уникальным свойствам электрической энергии как объекта логистики и вызовам, стимулирующим развитие технологий, ранее считавшихся «научной фантастикой». Делается вывод о критической важности логистики для современной энергетики в условиях перехода к устойчивому развитию.

Современная энергетическая отрасль представляет собой сложнейший комплекс генерирующих, транспортирующих, распределяющих и сбытовых активов. Её функционирование сопряжено с движением колоссальных материальных, финансовых и информационных ресурсов. В условиях роста волатильности мировых энергетических рынков, ужесточения экологических стандартов и необходимости обеспечения национальной энергетической безопасности вопросы повышения эффективности отрасли выходят на первый план.

В этом контексте традиционные методы управления зачастую оказываются недостаточными. Требуется комплексный, системный подход, позволяющий управлять не отдельными элементами (месторождение, электростанция, сеть), а единым сквозным потоком от источника первичного энергетического ресурса до конечного потребителя. Таким инструментом является логистика.

Вопрос о необходимости логистического подхода в энергетике является риторическим. Он не просто нужен, а жизненно необходим по следующим причинам:

1. Высокая капиталоемкость и фондаемость отрасли. Любые простой генерирующего или транспортирующего оборудования, неоптимальные маршруты поставок энергоресурсов ведут к

колossalным финансовым потерям. Логистика позволяет минимизировать эти издержки за счет оптимизации загрузки мощностей и сокращения временных циклов.

2. Несохраняемость энергетических продуктов. Электроэнергию в промышленных масштабах практически невозможно хранить. Нефть и газ, хотя и поддаются хранению, делают это с значительными затратами. Это требует безупречной синхронизации процессов добычи/генерации, транспортировки и потребления. Логистика обеспечивает эту синхронизацию, управляя ритмом потока. Невозможность отгрузить энергию «впрок» делает задачу оперативного баланса предприятия (диспетчеризации) центральной в логистической цепи электроэнергетики.

3. Глобализация рынков и усложнение цепочек поставок. Углеводороды и сжиженный природный газ (СПГ) покупаются и продаются на международных биржах, а электроэнергия — на оптовых рынках. Цепочка поставок нефти от месторождения до нефтеперерабатывающего завода включает множество перевалочных пунктов, разных видов транспорта и участников. Управлять такой цепью без логистических инструментов невозможно.

4. Повышение требований к надежности и качеству. Общество критически зависимо от бесперебойных поставок энергии. Логистический подход, включающий управление рисками, создание резервных мощностей и диверсификацию маршрутов, напрямую способствует повышению энергетической безопасности. Отсутствие прозрачности и «неизвестные маршруты» в сети ведут к коммерческим потерям и рискам для стабильности системы.

5. Экономическая и экологическая эффективность. Оптимизация маршрутов перевозок угля, режимов работы трубопроводов и потоковых моделей в электросетях позволяет значительно снизить себестоимость энергии и уменьшить вредные выбросы (например, за счет сокращения пробега танкеров или уменьшения потерь при передаче). Логистические затраты (тариф на передачу, затраты на балансировку) являются прямой статьей расходов, подлежащей оптимизации.

Таким образом, логистический подход трансформирует энергетику из совокупности разрозненных предприятий в управляемую, высокоэффективную сквозную систему, основным объектом управления которой является энергетический поток.

Энергетический поток — это движение энергетических ресурсов (в виде сырья или готового продукта) от источника к потребителю. С логистической точки зрения, этот поток обладает рядом специфических характеристик, которые и делают его объектом управления:

1. Направленность и непрерывность. Поток имеет четкое направление от производителя (отправитель) к потребителю (получатель). Для электроэнергии и газа он часто непрерывен (в реальном времени), для нефтепродуктов — дискретен (партиями), но требует поддержания постоянного ритма поставок.

2. Высокая интенсивность и масштабность. Объемы перемещаемой энергии огромны, что требует соответствующей инфраструктуры: магистральных трубопроводов, мощных линий электропередач, портов для танкеров.

3. Уникальность электрической энергии как «товара». Энергетический баланс как основа управления. Электрическая энергия характеризуется скоростью передачи, близкой к скорости света, и строгими требованиями к качеству (напряжение, частота). Ее транспортировка осуществляется по сетям (транспортный путь), а коммерческий учет ведется в киловатт-часах (транспортная единица) в точках измерения (таможня). Технологические потери в сетях являются прямым аналогом потерь товара при транспортировке в классической логистике. Фундаментальным отличием и ключевой задачей является поддержание мгновенного баланса генерации и потребления в единой энергосистеме. Этот баланс — краеугольный камень логистики электроэнергии, достижение которого требует сложнейших систем управления и прогнозирования.[1]

4. Взаимосвязь с другими потоками. Энергетический поток не существует сам по себе. Его движение невозможно без:

- ✓ Информационного потока: данные о объемах добычи/генерации, заявках потребителей, состоянии оборудования, рыночных ценах.
- ✓ Финансового потока: платежи за поставленные ресурсы, инвестиции в инфраструктуру, биржевые операции.
- ✓ Потока услуг: техническое обслуживание, ремонт, диспетчеризация. [2]

Управление энергетическим потоком - это синергетическое управление для достижения общей цели – поставки нужного объема энергии, нужного качества, нужному потребителю, в нужное время с минимальными затратами.

В логистической цепи энергетики можно выделить ключевые звенья:

- ✓ Для углеводородов: Добыча → Транспортировка (трубопровод, ж/д, танкер) → Переработка → Хранение и накопление → Сбыт.
- ✓ Для электроэнергии: Генерация → Передача (магистральные сети) → Распределение (распределительные сети) → Оперативный баланс (диспетчеризация) → Сбыт. [1]

Задача логистики – оптимизировать каждое звено и стыки между ними, что позволит построить управляемую, высокоэффективную сквозную систему.

На практике применение логистического подхода в энергетике реализуется через ряд конкретных инструментов:

1. Оптимизация грузопотоков. Использование систем математического моделирования для выбора оптимального маршрута перевозки нефти, угля или СПГ с учетом тарифов, расстояний, рисков и спроса. Используются методы оптимизации и управления рисками.

2. Управление запасами и накопление. Создание стратегических резервов нефти и нефтепродуктов, оптимизация уровня запасов угля на ТЭЦ для бесперебойной работы и минимизации затрат на хранение. Развитие технологий хранения электроэнергии (ГАЭС, аккумуляторы) — ключевое направление для интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

3. Диспетчеризация в режиме реального времени. В электроэнергетике это основа

логистики. Системные операторы (СО) в реальном времени балансируют генерацию и потребление, управляя потоком электроэнергии по сетям, чтобы избежать перегрузок и отключений. Это и есть функция оперативного баланса предприятия.

4. Развитие логистической инфраструктуры. Строительство новых трубопроводов, портовых терминалов, сетевых мощностей и объектов хранения для диверсификации маршрутов и повышения гибкости всей системы.

5. Цифровизация и использование IoT (интернет вещей). Внедрение «умных сетей» (SmartGrid), которые автоматически собирают данные и перераспределяют потоки энергии; использование датчиков на оборудовании для прогнозного обслуживания и предотвращения аварий; мониторинг («хроника») в реальном времени стали стандартом.

6. Аутсорсинг логистических функций. Передача специализированным логистическим компаниям функций по транспортировке, хранению и управлению запасами, что позволяет энергокомпаниям сконцентрироваться на своей основной деятельности.

7. Стимулирование инноваций. Обеспечивает развитие технологий позволяющих управлять передачей, учетом, контролем, накоплением и хранением энергии.

Применение логистического подхода в энергетической отрасли является не опциональным нововведением, а объективной необходимостью, продиктованной сложностью, капиталоемкостью и критической важностью отрасли для мировой экономики.

Энергетический поток, представляющий собой движение ресурсов от источника до конечного потребителя, является классическим объектом логистического управления. Его эффективное функционирование требует интегрального управления материальными (сырье, готовая продукция), информационными (данные, диспетчеризация) и финансовыми (платежи, инвестиции) потоками. Ключевые функции управления этим потоком — транспортировка, накопление, хранение и оперативный баланс — являются источниками как основных затрат, так и точек роста для всей отрасли.

Практическая реализация логистических принципов — от оптимизации маршрутов и управления запасами до цифровизации и создания «умных сетей» позволяет значительно повысить надежность, экономическую эффективность и устойчивость энергоснабжения. Логистические вызовы становятся драйвером инноваций, порождая технологии будущего. В условиях энергетического перехода и декарбонизации роль логистики будет только возрастать, обеспечивая интеграцию новых, возобновляемых и часто нестабильных источников энергии в единую надежную систему. Таким образом, логистика становится ключевым стратегическим инструментом для построения энергетики будущего.

Литература

1. Логистика и управление цепями поставок в ТЭК. Москва : Энергия, 2020. - 420 с.
2. Гаджинский, А.М. Логистика : учебник для вузов / А.М. Гаджинский – 24-е изд., перераб.

и доп. – Москва : Дашков и К, 2022. – 944 с.

3. Дыбская, В.В., Зайцев, Е.И., Сергеев, В.И. Логистика: интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок. — Москва : Эксмо, 2018.

4. Белов, Е.В., Крюков, В.В. Оптимизация грузопотоков в нефтегазовом комплексе с применением математического моделирования / Е.В. Белов, В.В. Крюков // Транспорт: наука, техника, управление. — 2022. — № 3. — С. 45–52.

5. Об электроэнергетике : Федеральный закон от 26 марта 2003 №35-ФЗ : [в редакции от 25 октября 2024 года]. Текст – электронный // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. URL: <http://pravo.gov.ru> (дата обращения: 19.09.2025).

6. Концепция развития рынка систем хранения энергии в Российской Федерации (утверждена распоряжением Правительства РФ от 12.10.2021 N 2868-р). — URL: <http://government.ru> (дата обращения: 17.09.2025).

УДК 343.37

Предиктивная аналитика в энергетике: применение ИИ для прогнозирования отказов оборудования и оптимизации технического обслуживания

Волчкова Елена Николаевна, кандидат экономических наук,

доцент кафедры «Экономика, организация и управление на предприятиях»

Корябкина Дарья Михайловна, студент направления «Экономика»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье рассматривается внедрение предиктивной аналитики на атомных электростанциях как инновационного инструмента повышения эффективности технического обслуживания и эксплуатации энергетического оборудования. На примере пилотного проекта Нововоронежской АЭС анализируется практическая реализация системы предиктивной аналитики. Представлены перспективы масштабирования успешных решений на все объекты атомной энергетики России.

В современных условиях развития энергетического сектора особую актуальность приобретает проблема повышения надежности и эффективности эксплуатации энергетического оборудования. Атомная энергетика, являясь одним из ключевых направлений современной энергосистемы, требует внедрения инновационных подходов к техническому обслуживанию и диагностике оборудования.

Искусственный интеллект и методы машинного обучения открывают новые возможности для прогнозирования отказов оборудования и оптимизации процессов технического обслуживания. Применение предиктивной аналитики позволяет не только своевременно выявлять потенциальные неисправности, но и определять оптимальные сроки проведения ремонтных работ

с учетом фактического состояния оборудования.

Предиктивная модель базируется на обработке больших массивов данных с использованием алгоритмов машинного обучения. Основными компонентами системы являются:

- сбор и агрегация данных с датчиков контроля;
- обработка исторических данных эксплуатации;
- анализ текущего состояния оборудования;
- прогнозирование возможных отказов;
- формирование рекомендаций по техническому обслуживанию.

Любое оборудование подвергается износу и требует ремонта. Одна из задач эксплуатирующей организации состоит в том, чтобы собрать исторические данные о его работе и поведении и оценить, сколько есть времени до выхода из строя этого оборудования.

Одна из проблем, с которой сталкиваются производственные предприятия и АЭС, в частности, заключается в сложности ранней диагностики аномалий, поскольку в накапливаемых данных нет примеров для точного описания аномального поведения установок. Промышленная предиктивная аналитика для технического обслуживания, часто с использованием цифровых копий реальных объектов, является одной из центральных областей, где применяется ИИ. Развитие данной экспертизы внутри Госкорпорации «Росатом» важно для создания систем мониторинга технического состояния и оценки остаточного ресурса оборудования, что позволяет оптимизировать проведение обслуживания сложного дорогостоящего оборудования, снизить количество необходимых ремонтов и число внеплановых остановок.

Экономическая эффективность внедрения предиктивной аналитики на атомных электростанциях определяется несколькими ключевыми факторами. Прежде всего, это связано с колоссальными финансовыми потерями при аварийных остановках оборудования. Согласно имеющимся данным, стоимость простоя турбогенератора на АЭС может достигать 1 млн. евро в сутки, что делает вопрос предиктивного обслуживания критически важным для экономической стабильности предприятия.

Экономическая выгода от внедрения предиктивной аналитики проявляется в нескольких направлениях:

- снижение количества внеплановых остановок оборудования;
- оптимизация затрат на техническое обслуживание;
- рациональное использование запасных частей;
- сокращение трудозатрат на ремонтные работы;
- увеличение межремонтных интервалов.

В 2022 г. на Нововоронежской АЭС завершился первый этап реализации пилотного проекта по внедрению системы предиктивной аналитики, которая призвана прогнозировать состояние оборудования и вероятность его выхода из строя в будущем, усовершенствовать его работу,

избежать простоев, экономических убытков и, в конечном итоге, повысить надежность, безопасность и эффективность производства [1].

В рамках первого этапа на энергоблоке № 6 с реактором ВВЭР-1200 были созданы цифровые 3D-модели генератора, турбины и четырех циркуляционных насосов. Данные о работе оборудования поступают в режиме онлайн в АО «ВНИИАЭС», где с помощью комплекса программ анализируются сотни параметров и выявляются закономерности, которые помогут предсказать, как оборудование будет вести себя в будущем и какие оптимальные решения и действия, в связи с этим должны быть предприняты персоналом [2].

В рассматриваемом проекте решалась не задача классификации отклонений, а задача поиска аномалий. То есть была описана работа оборудования в нормальном режиме, и все, что от него отклоняется, рассматривается как аномалия и фиксируется для дальнейшего анализа. Информация по отклонениям используется для верификации модели, то есть модель прогоняется через все события, которые известны, и проверяется ее адекватность.

На Нововоронежской АЭС приступили к реализации второго этапа проекта, который предполагает подключение к системе предиктивной аналитики более 50 единиц оборудования турбинного и реакторного цехов энергоблока № 6.

Отработанные на Нововоронежской АЭС решения войдут в состав так называемого Цифрового шаблона эксплуатации АЭС, а именно интегрированного комплекса цифровых платформ и инструментов, который обеспечивает оптимальное функционирование процессов на АЭС с момента запуска объекта и до его вывода из эксплуатации. Шаблон должен быть внедрен на всех российских станциях, а также предложен в качестве нового продукта для АЭС российского производства, сооружаемых Госкорпорацией «Росатом» на зарубежных площадках [3].

Практическая реализация пилотного проекта на Нововоронежской АЭС наглядно показала потенциал предиктивной аналитики в решении ключевых задач современной атомной энергетики. Создание цифровых 3D-моделей критически важного оборудования и внедрение систем онлайн-мониторинга позволило существенно повысить точность прогнозирования состояния установок и оптимизировать процессы технического обслуживания.

Экономический эффект от внедрения предиктивной аналитики проявляется в комплексном снижении эксплуатационных затрат, минимизации рисков внеплановых остановок и повышении общей эффективности производства. Особенно значимым является предотвращение аварийных ситуаций, каждая из которых может привести к многомиллионным убыткам.

Перспективы развития данного направления связаны с масштабированием успешных решений на все объекты атомной энергетики России и их экспортом в рамках международного сотрудничества. Создание Цифрового шаблона эксплуатации АЭС представляет собой качественно новый уровень управления энергетическими объектами, объединяющий передовые технологии мониторинга, прогнозирования и оптимизации производственных процессов [4].

Таким образом, предиктивная аналитика становится ключевым элементом современной стратегии развития атомной энергетики, обеспечивая повышение безопасности, надежности и экономической эффективности производства электроэнергии. Дальнейшее совершенствование данных технологий и их интеграция в производственные процессы открывает широкие возможности для нового этапа развития отрасли, основанного на принципах интеллектуального управления и превентивного подхода к техническому обслуживанию.

Литература

1. Интеллектуальный штурм на АЭС: внедрение ИИ [Электронный ресурс] // Страна Росатом. – 2024. – URL: <https://strana-rosatom.ru/2024/04/26/intellektualnyj-shturm-na-aes-vnedrya> (дата обращения: 13.09.2025). – Текст : электронный.
2. Искусственный интеллект в атомной энергетике [Электронный ресурс] // EDVEREST. – URL: <https://edverest.ru/unit/ii-v-atomnoj-energetike> (дата обращения: 13.09.2025). – Текст : электронный.
3. Нововоронежская АЭС [Электронный ресурс] // Росэнергоатом. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-novovoronezhskoy-aes (дата обращения: 13.09.2025). – Текст : электронный.
4. Применение искусственного интеллекта в энергетике: от теории к будущему [Электронный ресурс] // SimbirSoft. – URL: <https://www.simbirsoft.com/blog/primenie-iskusstvennogo-intellekta-v-energetike-ot-teorii-k-budushchemu> (дата обращения: 13.09.2025). – Текст : электронный.

УДК 343.37

Развитие интеллектуальных сетей (Smart Grid) в России:

оценка экономической эффективности и рисков

Волчкова Елена Николаевна, кандидат экономических наук,

доцент кафедры «Экономика, организация и управление на предприятиях»

Ласкина Елизавета Андреевна, студент направления «Экономика»

^{1,2}Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

Статья посвящена исследованию интеллектуальных электрических сетей (Smart Grid) как перспективного направления развития современной энергетики России. Рассматриваются ключевые компоненты системы, включая автоматизацию, двусторонний обмен данными и интеграцию возобновляемых источников энергии. Освещается роль Балаковской АЭС в формировании региональной энергосистемы, а также экономическая эффективность внедрения Smart Grid. Анализируются основные препятствия развития технологии: высокие затраты, вопросы кибербезопасности и несовершенство нормативной базы.

В условиях цифровизации экономики, роста энергопотребления и перехода к «зелёной»

энергетике всё большее значение приобретают интеллектуальные электрические сети (Smart Grid) — современные системы управления электроэнергией, сочетающие традиционную инфраструктуру с цифровыми технологиями, автоматизацией, аналитикой и двусторонним обменом данными. [1]

В России развитие Smart Grid находится на этапе пилотных проектов и постепенного внедрения, однако уже сегодня можно оценить их экономическую эффективность, выявить ключевые риски и определить перспективы масштабирования.

Цель статьи — всесторонне раскрыть тему интеллектуальных сетей в российских условиях, проанализировать их выгоды, затраты и вызовы, а также предложить направления для дальнейшего развития.

Smart Grid (с англ. «умная сеть») — это современная электрическая сеть, в которой традиционная инфраструктура передачи и распределения электроэнергии интегрирована с цифровыми технологиями, системами автоматизации, связи и анализа данных.

Главная цель Smart Grid — сделать энергосистему:

- надёжной;
- эффективной;
- гибкой;
- устойчивой к сбоям;
- экологичной.

В отличие от старой модели, где энергия шла «от электростанции к потребителю» по одностороннему принципу, Smart Grid — это двусторонняя система, где:

- энергия может поступать от множества источников (АЭС, солнечные панели, ветряки, домашние накопители);
- данные о потреблении передаются в реальном времени;
- система сама принимает решения (например, переключает нагрузку или отключает повреждённый участок).

Одним из ключевых принципов работы Smart Grid является двусторонняя связь между потребителем и поставщиком. Например, интеллектуальный счётчик каждые 15 минут передаёт данные о потреблении, а энергокомпания может отправить сигнал о повышении тарифа в часы пик, стимулируя снизить нагрузку. Автоматизация позволяет сети самостоятельно реагировать на перегрузки, обрывы линий или аварии — при возникновении неполадки резервная ветка включается автоматически, и потребитель даже не замечает сбоя. Ещё один важный аспект — интеграция возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Сеть «понимает», когда солнце светит ярко, а когда ветер дует слабо, и балансирует нагрузку, обеспечивая стабильность. Дом с солнечными панелями может не только потреблять энергию, но и отдавать избыток в сеть, получая за это компенсацию.[3] Управление спросом стимулирует потребителей менять

поведение: включать стиральную машину ночью, когда тариф ниже, или временно отключать несущественные приборы при пиковой нагрузке. Кроме того, системы самодиагностики и предиктивного обслуживания с помощью датчиков следят за состоянием оборудования и заранее предупреждают о возможных поломках — например, если трансформатор начинает перегреваться, система сигнализирует о необходимости ремонта.

Таблица 1

Ключевые компоненты Smart Grid

Компонент	Назначение
Интеллектуальные счётчики (AMI)	Сбор и передача данных о потреблении в реальном времени
Системы АСУ РП	Автоматизация управления распределительными подстанциями
Центры сбора и анализа данных (ЦСАД)	Обработка информации, выявление аномалий, прогнозирование
Сети связи (GSM, LoRa, PLC, 5G)	Передача данных между устройствами
Умные подстанции	Оборудование с датчиками, дистанционным управлением
Системы хранения энергии (батареи)	Балансировка нагрузки, накопление избытка энергии
ИИ и аналитика	Прогнозирование потребления, оптимизация работы сети

В России основными инициаторами развития Smart Grid являются ПАО «Россети», ПАО «РусГидро», ПАО «ФСК ЕЭС», а также региональные сетевые компании при поддержке Минэнерго РФ, которое занимается разработкой стратегии и нормативной базы. Уже реализуются пилотные проекты: в Казани внедрена «умная сеть» с автоматизацией распределительных сетей и установкой АИИС КУЭ, в Новосибирске действует «цифровая подстанция» с дистанционным управлением и диагностикой оборудования, в Сочи тестируется интеграция ВИЭ и систем хранения энергии, а в Московской области внедряются «умные» счётчики и тарифы по времени суток.[3] По состоянию на 2025 год в стране установлено более 30 миллионов интеллектуальных счётчиков, около 15% распределительных сетей охвачены элементами автоматизации, а на крупных подстанциях и узлах нагрузки активно внедряются системы АСУ РП.

Особое значение в развитии Smart Grid имеет Балаковская атомная электростанция, расположенная в Саратовской области. Хотя АЭС является объектом генерации, а не распределения, её интеграция в интеллектуальную сеть имеет стратегическое значение. Балаковская АЭС вырабатывает стабильный и постоянный поток энергии, что делает её идеальным «якорем» для балансировки переменной выработки от солнечных и ветровых электростанций. В условиях Smart Grid сочетание базовой атомной генерации и гибких ВИЭ становится ключом к надёжности и устойчивости энергосистемы. На самой станции уже внедряются элементы «Цифровой АЭС»: системы мониторинга оборудования в реальном времени, предиктивная диагностика и цифровые двойники энергоблоков, что повышает надёжность и безопасность — факторы, критически важные для интеграции в умные сети. Энергия с Балаковской АЭС поступает в единую энергосистему России через подстанции 500 кВ, где «Саратовские распределительные сети» постепенно внедряют интеллектуальные системы учёта и управления. Это позволяет оптимизировать нагрузку, предотвращать перегрузки и обеспечивать надёжное электроснабжение промышленных предприятий региона, включая

машиностроение, химию и сельхозпереработку.

Экономическая эффективность внедрения Smart Grid в регионе с участием Балаковской АЭС очевидна. В Саратовской области коммерческие и технические потери в сетях достигают 12%, а внедрение АИИС КУЭ и АСУ РП позволяет снизить их на 20–25%, что даёт ежегодную экономию до 1,5 млрд. рублей. Автоматизация повышает надёжность энергоснабжения: аварии локализуются за минуты, а нагрузка переключается на резервные линии, что особенно важно для безопасности самой АЭС. Балаковская АЭС может «подстраховывать» сеть в периоды низкой выработки солнечной энергии, а Smart Grid позволяют гибко управлять балансом «атом + солнце». Внедрение динамических тарифов стимулирует промышленные предприятия Балакова переносить энергоёмкие процессы на ночное время, снижая пиковую нагрузку и экономя ресурсы системы. Кроме того, Балаково входит в число пилотных городов по внедрению цифровых технологий, и Smart Grid становится основой для создания «умного города» — с умным освещением, электромобильной инфраструктурой и цифровыми системами ЖКХ.

Однако развитие Smart Grid сталкивается с рядом серьёзных вызовов. Главный из них — высокие капитальные затраты: замена счётчиков, модернизация подстанций и внедрение программного обеспечения требуют миллиардных вложений, а окупаемость проектов составляет 7–10 лет, что делает их возможными только при государственной поддержке. Ещё один критический риск — кибербезопасность. [4] АЭС и смежные энергосети являются объектами критической инфраструктуры, уязвимыми к хакерским атакам и сбоям в системах управления, поэтому необходимы дорогие системы защиты и обучение персонала. Недостаток нормативной базы также замедляет развитие: в России до сих пор нет единой регуляторной модели для Smart Grid, а механизмы оплаты «обратного» потока энергии от частных солнечных электростанций не проработаны. В Балаковском районе и соседних территориях слабое интернет-покрытие и устаревшие линии делают внедрение умных сетей экономически невыгодным без субсидий. Наконец, низкая вовлеченность населения остаётся проблемой: многие жители не понимают выгод от «умных» счётчиков и опасаются за конфиденциальность своих данных.

Несмотря на вызовы, перспективы развития Smart Grid в России остаются высокими. «Росатом» активно развивает направление «Росатом — цифровая энергетика» и планирует создание интегрированных энергосистем на базе АЭС с элементами умных сетей. Возможен запуск регионального кластера Smart Grid с центром в Балакове, объединяющего АЭС, солнечные электростанции, промышленных потребителей и «умные» дома, а также создание микросети с возможностью автономной работы. Для реализации таких проектов необходимы государственные субсидии, налоговые льготы для предприятий, внедряющих «умные» технологии, и гранты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области энергетики.

Балаковская атомная электростанция — не просто гигант генерации, но и стратегический элемент будущей интеллектуальной энергосистемы России. Её стабильная, экологически чистая и

масштабная выработка делает её идеальной основой для построения Smart Grid в Поволжье.

Внедрение интеллектуальных сетей позволяет:

- Снизить потери, повысить надёжность и эффективность.
- Интегрировать ВИЭ, управлять спросом, развивать «умные» города.
- Экономить миллиарды рублей ежегодно.

Однако перед регионом стоят серьёзные вызовы: высокие затраты, киберугрозы, отставание в нормативной базе.

Рекомендации:

- На базе Балаковской АЭС запустить пилотный проект «Цифровой энергокластер Поволжья».
- Ускорить внедрение АИИС КУЭ и АСУ РП в Саратовской области.
- Усилить кибербезопасность и провести просветительскую кампанию среди населения.

Smart Grid — это будущее российской энергетики. При грамотной реализации интеллектуальные сети станут основой для цифровой, устойчивой и конкурентоспособной энергосистемы XXI века. Уже сегодня, в 2025 году, мы находимся на пороге масштабных изменений, которые изменят способ производства, распределения и потребления электроэнергии в стране.

Литература.

1. Стратегия развития отрасли электроэнергетики на период 2024–2029 годов / Минэнерго России. — М.:, 2024. — 124 с.
2. Интеллектуальные системы учета электроэнергии: современное состояние и перспективы развития / А.В. Вознюк, С.В. Усов // Электричество. — 2023. — №7. — С. 24–31.
3. Умная сеть (Smart Grid): как современные технологии связи и автоматизация помогают улучшить качество электроснабжения [Электронный ресурс] / ИТ-ГРАД. — Режим доступа: <https://itgrad.ru/education/articles/umnye-seti-smart-grids-kak-sovremennoye-tehnologii-svyazi-i-avtomatizatsiya-pomogayut-uluchshit-kach/> (дата обращения: 15.09.2025)
4. Технология Smart Grid: суть и внедрение в России в 2025 году [Электронный ресурс] / MarketElectro. — URL: <https://marketelectro.ru/tehnologiya-smart-grid-sut-i-vnedrenie-v-rossii-v-2025-godu> (дата обращения: 15.09.2025)

УДК 338.012

Инвестиции в энергетическую отрасль: планы и перспективы

Карпова Алла Викторовна, кандидат экономических наук,
доцент кафедры «Экономика, организация и управление на предприятиях»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

Развитие энергетической отрасли представляется на современном этапе одной из главных стратегических задач развития российской экономики. Главными объектами инвестирования, в первую очередь, являются ядерные и теплогенерирующие объекты. С этой целью разработаны программы комплексного управления стратегическими активами и инвестиционными затратами в атомной отрасли.

Большую часть существующего на сегодняшний день отраслевого сектора экономики занимает энергетическая отрасль, поэтому для улучшения результатов и успешной работы постоянно требуется приток капитала. Инвестиции в энергетику России позволили отрасли выстоять и работать с наименьшими финансовыми потерями в кризисные для страны периоды.

По оценкам МАГАТЭ, на июнь 2025 года в мире насчитывается 416 действующих энергоблоков общей мощностью 376,3 ГВт, еще 62 реактора на 65 ГВт находятся на стадии строительства. Мировыми лидерами по производству атомной энергии являются: США, Китай, Франция, Россия, Южная Корея. [2]

Энергосистема Российской Федерации является одной из крупнейших в мире централизованно управляемых энергокомпаний. Производственный потенциал электроэнергетики России, на данный момент, состоит из электростанций общей установленной мощностью около 216 тыс. МВт, в том числе АЭС – 22,2 тыс. МВт и ГЭС – 45 тыс. МВт, остальное – ТЭС и децентрализованные источники энергии. [2]

Россия сохраняет лидерство на экспортном рынке строительства АЭС и обеспечивает полную цепочку поставок, включая создание технологий, производство топлива и сервисные услуги. В настоящее время основной вектор развития энергетической отрасли направлен на совершенствование ядерных технологий, производства и обогащение урана, которое сосредоточено в четырех странах – поставщиках, при этом на долю России приходится 40 % мировых мощностей этого направления.

Несмотря на трудности, которые приходится преодолевать энергетическому сектору России, не останавливают развитие данной отрасли. «Ядерная энергетика переживает эпоху возрождения» - с такими словами выступил глава Росатома Алексей Лихачев на 69 генконференции МАГАТЭ. [3]

В настоящее время, когда значительная часть энергетического комплекса России не может рассчитывать на субсидирование из бюджета государства, инвестиции в энергетику становятся особенно актуальными.

Сегодня основные источники инвестиций в энергетике находятся под пристальным вниманием частных инвесторов. В последнее время количество инвесторов в России неуклонно растет, однако они, в большинстве своем, ориентированы на получение прибыли за достаточно короткие сроки. Но особенности финансирования энергетической отрасли состоят как раз в том, что срок инвестиций и последующая отдача составляют продолжительный период, который может составлять до 25 лет. Именно поэтому и принято относить инвестиции в энергетику к

капиталовложениям с повышенными рисками.

Сегодня топливно-энергетический комплекс России успешно финансируется инвесторами, которые относятся к категории стратегических, нацеленных на долгосрочные перспективы развития отрасли. Причем частные инвестиции в энергетике составляют 90%, и только 10% финансируется за счет бюджета страны. Несмотря на стабильное положение отрасли, в 2025-2027 гг. можно будет наблюдать небольшой спад инвестиционной насыщенности.

Нарастает процесс физического и морального старения генерирующего оборудования, проблема технического перевооружения и модернизации оборудования стоит практически перед каждым предприятием энергетического комплекса Российской Федерации. Одной из целей реформы электроэнергетики являлось привлечение инвестиций в отрасль, которые, в свою очередь, должны были обеспечить замену устаревшего оборудования и стимулировать распространение новых технологий (Волжская ГЭС) [3].

Главными объектами инвестирования, в первую очередь, являются теплогенерирующие объекты. Показательным примером такого способа капитальных вложений является реконструкция с использованием передовых технологий и применением современного парогазового оборудования, а также систем автоматизированного управления технологическими процессами (угольный разрез «Богатырь») [3].

С целью повышения эффективности организационных методических и контрольных процедур, создания и внедрения единой отраслевой информационной платформы сформирована «Концепция совершенствования системы контроля проектов капитальных вложений Госкорпорации «Росатом». В рамках ее реализации разработан ряд методологических документов в части организации контроля физических объемов работ при сооружении объектов использования атомной энергии, а также сформированы требования к комплексной системе контроля проектов сооружения АЭС в России и за рубежом.

В рамках реализации Программы повышения эффективности отраслевой системы проектирования реализована первая очередь проекта «Создание единой системы классификации и кодирования атомной отрасли». В ближайшей перспективе предстоит реализация второй очереди этого проекта, а также внедрение системы контроля ЕРС-проектов сооружения АЭС за рубежом (29 энергоблоков). Создана и развивается система представления информации по проектам сооружения АЭС в рамках ЕИП «Электронная ОБЕЯ» [1].

Большая работа проведена специалистами ОЦКС Росатома в рамках мероприятий по совершенствованию системы ценообразования и сметного нормирования строительной отрасли РФ. В целях учета специфики реализации инвестиционно-строительных проектов (ИСП) Госкорпорации «Росатом» по направлению разработки нормативно-методологических документов РФ по ценообразованию и сметному нормированию организовано взаимодействие между Госкорпорацией «Росатом», Минстроем России и ФАУ «Главгосэкспертиза России» (далее – ФАУ

ГГЭ). В Минстрой России направлены предложения, учитывающие особенности строительства объектов в РФ и за ее пределами. Сформирован перечень из 49 отраслевых элементных сметных норм, внесенных в федеральный реестр сметных нормативов и подлежащих переработке в статус государственных. Перечень из 14 норм направлен на согласование в ФАУ ГГЭ для дальнейшей переработки.

В соответствии с решением Стратегического совета Госкорпорации «Росатом» от 16 января 2017 года определена Программа по внедрению отраслевой системы Total Cost Management Nuclear Construction (TCM NC) - система комплексного управления стратегическими активами и инвестиционными затратами в атомной отрасли. В ходе ее реализации разработана концепция процессной модели TCM NC и структура системы НМД, определяющих методологию TCM NC и подготовлены проекты первоочередных документов. Работа прототипа ИС по управлению и оценке стоимости сооружаемых объектов развернута на трех пилотных проектах: АЭС «Ханхикиви», АЭС «Аккую» и Курская АЭС-2 [1].

Новый этап развития получил Центр трансфера технологий (ЦТТ) в капитальном строительстве объектов использования атомной энергии, созданный на базе Отраслевого центра капитального строительства (ОЦКС). Приоритетной задачей ЦТТ стало внедрение наилучших доступных технологий включенных в «Реестр инновационных решений, технологий, продукции, изделий, материалов, высокотехнологичных услуг в сфере капитального строительства объектов использования атомной энергии» (База НДТ) рекомендованных к широкому применению в строительном комплексе атомной отрасли.

Чтобы идти в ногу с быстрым ростом спроса, требуются новые генерирующие мощности, основанные на различных технологиях, которые могут обеспечить стабильную и гибкую выработку. Для этого, Концерн Росатом к 2030 году планирует инвестировать 833 млрд. рублей в 21 проект:

- строительство энергоблоков АЭС, продление эксплуатационного ресурса энергоблоков 1 и 2 поколений;
- сооружение блока с БН-1200М для Белоярской АЭС;
- развитие ВВЭ – унифицированной петли на 300МВт;
- планирование реакторов малой мощности (жидкосолевых, высокотемпературных газовых, термоядерных).

Обеспечение планируемых денежных потоков является ключевым фактором для развития энергетической отрасли, снижения затрат государственного финансирования и привлечения частного капитала в ядерный сектор.

Литература

1. На пути к 2050. Энергостратегия России и как на ней заработать инвестору – URL: <http://endf.ru/> <http://prostoinvesticii.com/drugie-investicii/investicii-v-ehnergetiku-rossii-strategicheskie->

2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. (утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715р) // Собрание законодательства Российской Федерации. 2009. № 48. Ст. 5835.

3. Инвестиции в энергетике – URL: <https://www.eprussia.ru/epr/477-478/6483666.htm> (дата обращения: 22.09.2025).

УДК 334.027

Социальная ответственность бизнеса

Карпова Алла Викторовна, кандидат экономических наук, доцент кафедры

«Экономика, организация и управление на предприятиях»;

Кулемякин Семен Сергеевич, студент направления «Электроэнергетика и электротехника»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального

государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В данной статье авторы рассматривают подход социальной ответственности бизнеса за рубежом и в российском бизнесе. Корпоративная социальная ответственность (КСО) проявляется по-разному: большинство крупных корпораций отражают эти принципы в своих миссиях и стратегиях; рассматривают социальные проблемы как вопрос этики; для России изучение опыта ведущих мировых компаний в области КСО представляет особый интерес. Корпоративная социальная ответственность в России способствует экономическому росту, улучшает социальный климат и общественные отношения, повышает качество жизни, удовлетворяет потребности общества.

Социальная ответственность бизнеса, как концепция, обрела четкие очертания к середине двадцатого столетия. Ключевым моментом стало опубликование работы Дж.Г. Боуэна, где была высказана идея о необходимости интеграции социальных интересов в процесс принятия управленческих решений. В дальнейшем сформировалось три доминирующих подхода к пониманию данной концепции: традиционный экономический; этический; и социально-этический.[1]

Сторонники традиционного взгляда на бизнес полагают, что основная социальная задача компании – это получение прибыли. Соблюдение законодательства, создание рабочих мест, уплата налогов и обеспечение доходности для акционеров, по их мнению, и есть вклад бизнеса в общество. Они считают, что расширенная социальная ответственность, выходящая за рамки экономической деятельности, противоречит принципу максимизации прибыли и может привести к негативным последствиям для конкурентоспособности компании.

В противовес традиционному подходу, сторонники этической (П. Друкер) и социально-этической ответственности бизнеса (К. Левин, Г. Минцберг) утверждают, что широкая социальная

ответственность не только необходима, но и выгодна. Они аргументируют это тем, что социальная вовлеченность улучшает общество и бизнес-климат, формирует положительный имидж, снижает риски со стороны государства, обязывает решать созданные проблемы (например, экологические) и отвечает ожиданиям потребителей, избегая негативной реакции.[1]

В современном мире, особенно в развитых странах, социальная ответственность бизнеса в основном проявляется как корпоративная социальная ответственность (КСО). Это связано с тем, что основные ожидания общества предъявляются именно к крупным корпорациям. КСО можно рассматривать как философию и стратегию управления, направленную на то, чтобы бизнес сообщество, компании и отдельные предприниматели строили свою деятельность на основе следующих принципов: обеспечение населения качественными товарами и услугами; создание новых рабочих мест и инвестиции в развитие человеческого капитала; строгое соблюдение законодательства (включая налоговое, трудовое и экологическое); построение взаимовыгодных отношений со всеми заинтересованными сторонами; эффективное управление бизнесом, направленное на увеличение добавленной стоимости и благосостояния акционеров; учет общественных ожиданий и этических норм; и активное участие в формировании гражданского общества через партнерские программы и проекты развития местных сообществ.

Концепция социальной ответственности и КСО не просто теория; она воплощается в конкретных действиях. Большинство крупных корпораций отражают эти принципы в своих миссиях и стратегиях. Многие компании включают положения о социальной ответственности во внутренние правила, регулирующие поведение сотрудников. Регулярная социальная отчетность стала обычной практикой, а для более объективной оценки компаний проводят независимый социальный аудит.

В мировой практике КСО представлены различные модели, отражающие особенности разных стран. Одна из них - американская модель, отличительной чертой которой является минимальное государственное регулирование. В США компании сами проявляют инициативу в вопросах социальной ответственности, а благотворительность играет важную роль.[4]

В отличие от американского подхода, европейская модель КСО характеризуется активной ролью государства в регулировании социальной ответственности. В Европе законодательно закреплены социальные гарантии, такие как обязательное медицинское страхование, а трудовые отношения более строго регламентированы. Европейские компании часто рассматривают социальные проблемы как вопрос этики, а не только прибыли, как это принято в США. Благотворительность в Европе менее распространена из-за более высоких налогов и чаще реализуется через юридически оформленные механизмы.

Британская модель КСО, сочетающая элементы американского и европейского подходов, имеет ряд уникальных черт. Среди них – наличие независимых консультационных центров по КСО, развитая система бизнес-образования в этой области, повышенный интерес финансового сектора к

социально ответственным инвестициям, активное участие государства через различные механизмы поддержки и широкое освещение темы КСО в СМИ.

В Великобритании развитию социальной ответственности бизнеса способствовало создание ассоциации «Бизнес в сообществе», наладившей партнерство государства и бизнеса. Сегодня крупные британские компании имеют специализированные КСО-подразделения с собственными бюджетами и представительством в совете директоров. Регулярная социальная отчетность охватывает более 80% крупнейших компаний. Правительство активно поддерживает социальные и экологические инициативы бизнеса, особенно в области энергоэффективности и переработки отходов.[4]

В то время как корпоративная социальная ответственность (КСО) активно развивается в мире, в России эта сфера находится лишь в стадии становления. Данные Всемирного экономического форума свидетельствуют об отставании России по ключевым показателям КСО, таким как вовлеченность сотрудников в благотворительность (70-е место), распространность благотворительной деятельности (91-е место), инвестиции в экологию (79-е место) и внедрение корпоративных кодексов поведения (75-е место). В связи с этим, изучение опыта ведущих мировых компаний в области КСО представляет для России особый интерес.

В российской практике развития социальной ответственности бизнеса ведущая роль принадлежит государству. Это объясняется исторически сложившейся сильной позицией государства в экономике, особенностями приватизации и долей госсобственности в крупнейших компаниях, таких как «Газпром» и «Роснефть», которые фактически являются проводниками государственной политики. В силу этих факторов, государство является ключевым участником обсуждений и инициатором внедрения принципов КСО.[3]

В России государство проводит политику построения социального партнерства с предпринимательским сообществом. На федеральном уровне и в ряде регионов уже сформированы институты социального партнерства в виде трехсторонних комиссий, включающих представителей государства, профсоюзов и бизнеса. Социальное партнерство в сфере трудовых отношений закреплено законодательно в Трудовом кодексе РФ. Обсуждение вопросов социальной ответственности бизнеса регулярно происходит в рамках встреч и круглых столов между представителями государства и крупными предпринимательскими объединениями, такими как Российский союз промышленников и предпринимателей и Торгово-промышленная палата. В этих мероприятиях также принимает участие Совет по конкурентоспособности и предпринимательству, созданный при Правительстве РФ.

Российский бизнес стремится к равному партнерству с государством в сфере КСО, разрабатывая собственные стратегии и поддерживая государственные инициативы. Примером является «Социальная хартия российского бизнеса» от РСПП. Осознавая выгоды социальной активности, компании все чаще интегрируют КСО в свою деятельность. «Газпром», «Роснефть» и

другие крупные компании активно развиваются КСО через благотворительные фонды и социальные программы.

В российской практике благотворительности компании часто сталкиваются с бюрократией и давлением со стороны властей, которые воспринимают ее как обязанность бизнеса. Еще одна проблема – отсутствие системности и планирования: проекты возникают стихийно, не оцениваются и не имеют обратной связи. Благотворительные средства направляются в основном НКО и госучреждениям, которые используют их для собственных нужд. Компаниям необходимо координировать свои ресурсы и наладить обратную связь с получателями.

Россияне считают, что бизнес должен быть социально ответственным и делиться прибылью с обществом, даже если это снизит его экономическую эффективность. По мнению большинства, социальные обязательства должны распространяться на все частные компании и включать участие в решении социальных проблем, таких как развитие здравоохранения, образования, помочь нуждающимся и создание рабочих мест. Однако, несмотря на это, основную ответственность за решение социальных вопросов несет государство, а бизнес выполняет скорее вспомогательную роль. Россияне считают, что государство имеет право привлекать бизнес к решению социальных задач, что связано с патернализмом, исторической ролью государства и недоверием к отечественному бизнесу.

В России основная форма КСО – социальные инвестиции, которые делятся на внутренние (для сотрудников) и внешние (для общества). Внешние программы часто не имеют должного контроля и направлены больше на имидж, чем на решение проблем. Поэтому большая часть инвестиций идет на внутреннее развитие персонала, в то время как внешние социальные программы еще не стали эффективным инструментом решения социальных задач.[2]

Хотя в сфере КСО в России наблюдаются положительные тенденции, не следует преувеличивать социальную активность российского бизнеса. «Сырьевой» бизнес, в частности, зачастую ориентирован на извлечение ресурсов, а не на долгосрочное развитие территорий, где ведется его деятельность. Предприниматели в целом уделяют недостаточно внимания вопросам природоохранной деятельности, сохранения естественной среды обитания и развитию социальной инфраструктуры на этих территориях. Со своей стороны, государство также еще не сформировало четкую позицию относительно того, какую долю социальной ответственности должен нести бизнес.

Несмотря на имеющиеся сложности, даже нынешний уровень развития КСО в России уже вносит положительный вклад. Он способствует экономическому росту, улучшает социальный климат и общественные отношения, повышает качество жизни, удовлетворяет потребности общества и помогает разрешать конфликты, порождаемые рынком.

Литература

1. Завьялова, Е. Б. Корпоративная социальная ответственность : учебник для вузов / Е. Б. Завьялова, Ю. К. Зайцев, Н. В. Студеникин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 125 с.

2. Демина, И. Д. Социальная отчетность как элемент социальной ответственности государства бизнеса : монография / И. Д. Демина, М. В. Полулех ; Финуниверситет. — Москва : Кнорус, 2023. — 191 с.

3. Концепции и модели интенсификации предпринимательской деятельности: мировые, национальные и региональные тренды : монография / А. В. Шаркова, О. В. Е. Н. Елисеева [и др.] ; под общ. ред. М. А. Эскиндарова ; Финуниверситет. — Москва : Дашков и К, 2022. — 400 с.

4. Тегетаева О. Р. Особенности реализации социальной ответственности зарубежных корпораций в России : монография / О. Р. Тегетаева, И. З. Тогузова ; Финуниверситет. — Москва : Прометей, 2022. — 150 с.

УДК 332.132

Влияние АЭС на экономическое развитие территории присутствия

Кочеваткина Элина Фаритовна, кандидат экономических наук,
доцент кафедры «Экономика, организация и управление на предприятиях»

Мищук Виолетта Игорьевна, студент направления «Экономика»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье исследуется роль атомных электростанций в энергетическом балансе регионов и государств, обеспечивая стабильное производство электроэнергии и создавая дополнительные экономические возможности для территорий своего размещения. Анализ проводится на фактологических данных Ленинградской атомной электростанции (ЛАЭС), расположенной в городе Сосновый Бор Ленинградской области, которая является ярким примером такого влияния на территорию присутствия.

Госкорпорация «Росатом» в настоящий период консолидировала практически всю инфраструктуру атомной индустрии, включая большинство промышленных компаний, научно-исследовательских организаций и образовательных учреждений (таких как Институт имени Курчатова и Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»), играющих ключевую роль в партнерстве с корпорацией. Помимо прямого участия в производственной деятельности, корпорация косвенным образом оказывает значительное влияние на формирование социально-экономической среды ряда муниципальных образований, где размещены её производственные активы.

Энергетика атома представляет собой критически важный сектор промышленного комплекса и городского хозяйства по нескольким причинам: обеспечение общественной безопасности, эффективное электроснабжение потребителей и содействие региональному экономическому росту. Эти факторы оказывают комплексное воздействие не только на экономику

отдельных регионов, но и формируют финансовую основу бюджета всей страны.

Анализируя собранные данные, мы пришли к выводу, что Ленинградская атомная электростанция стала ключевым фактором экономического процветания города Сосновый Бор и Ленинградской области. Согласно официальной статистике Федеральной службы госстатистики («Росстат») и публичным отчетам концерна «Росэнергоатом», экономика Санкт-Петербурга и Ленобласти демонстрирует устойчивый рост, находясь среди лидеров российского рейтинга, благодаря значительной роли крупных градообразующих объектов вроде ЛАЭС.

Современная ситуация показывает, что атомная энергетика остается основой отечественной экономики, обеспечивая страну энергией и поддерживая ее независимость. Исследование особенностей функционирования такого типа станций приобретает особую значимость ввиду растущего потребления энергии и ограниченной возможности строительства новых АЭС.

Воздействие атомных электростанций на региональные экономические процессы носит двоякий характер. Как видно из представленного ниже рисунка (рис. 1), положительные последствия включают:

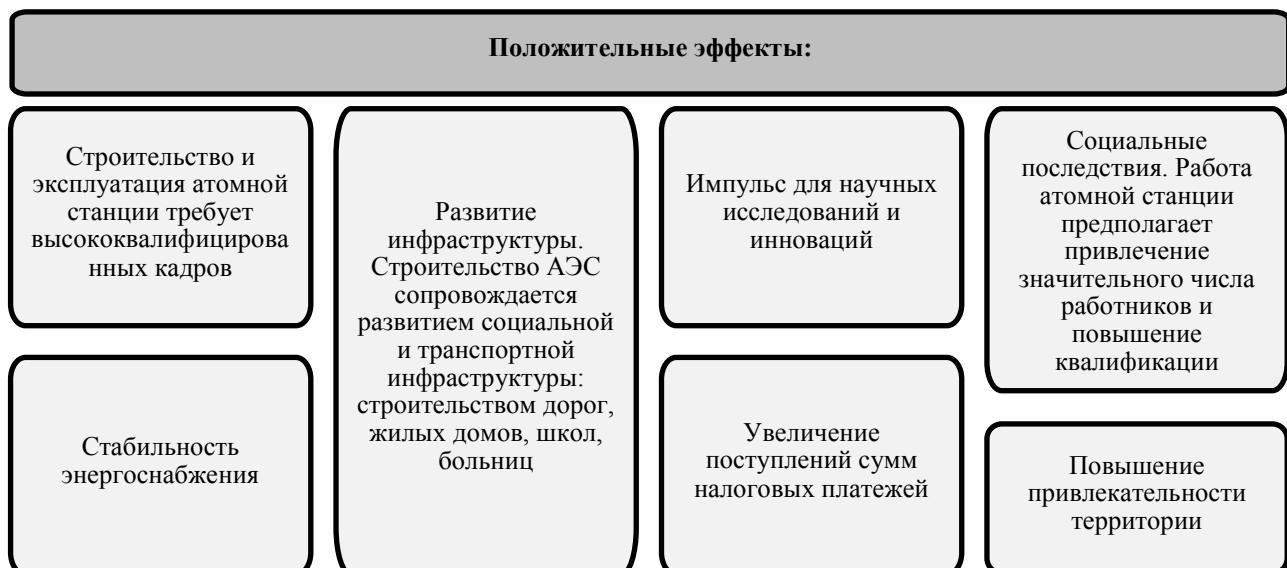


Рис. 1. Положительные эффекты влияния АЭС на развитие территории присутствия [1]

Диверсификация экономики и развитие промышленности. АЭС не только производит электроэнергию, но и способствует развитию сопутствующих отраслей промышленности. Новые рабочие места в энергетике и смежных секторах создают стимулы для роста малого и среднего бизнеса.

Строительство и эксплуатация атомной станции требует высококвалифицированных кадров. Это создает новые рабочие места в регионе, способствуя снижению уровня безработицы и повышению доходов населения. По данным предприятия, численность персонала ЛАЭС составляет около 8 тысяч сотрудников, многие из которых являются жителями города Соснового Бора и близлежащих населенных пунктов.

Развитие инфраструктуры. Строительство АЭС сопровождается развитием социальной и транспортной инфраструктуры: строительством дорог, жилых домов, школ, больниц.

Стабильность энергоснабжения. АЭС гарантируют стабильное энергоснабжение на протяжении более 60 лет, что создаёт устойчивость для местной экономики, снижает зависимость от импорта электроэнергии и стабилизирует цены на электроэнергию.

Увеличение поступлений сумм налоговых платежей. За счёт увеличения налоговых поступлений от деятельности АЭС местный бюджет получает дополнительные средства, что позволяет улучшать социальные программы и развивать регион.

Импульс для научных исследований и инноваций. Атомная энергетика требует внедрения передовых технологий, таких как искусственный интеллект и инновации в сфере ядерной энергии, что стимулирует рост научных исследований.

Повышение привлекательности территории. Присутствие крупной энергетической установки повышает инвестиционную привлекательность региона. Инвесторы рассматривают такие зоны как перспективные площадки для реализации проектов, ориентирующихся на устойчивое энергоснабжение и доступность квалифицированной рабочей силы. Например, рядом с городом Сосновый Бор были построены промышленные парки и технополисы, привлекшие крупные международные компании.

Экологические преимущества. Атомная энергетика отличается низким уровнем выбросов углекислого газа и загрязняющих веществ, что положительно сказывается на экологической ситуации региона. Благодаря этому территория привлекает туристов и инвесторов, заинтересованных в экологически чистых зонах проживания и производства. Кроме того, использование инновационных технологий позволяет минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. В частности, модернизация реакторов второго поколения («ВВЭР») снижает потребление воды и уменьшает тепловое загрязнение водоемов, используемых для охлаждения.

Социальные последствия. Работа атомной станции предполагает привлечение значительного числа работников и повышение квалификации местных специалистов. Помимо основного производственного персонала, требуются специалисты смежных профессий, включая инженеров, врачей, педагогов и представителей сферы услуг. Этот процесс способствует формированию научно-технического потенциала региона и созданию условий для привлечения молодых специалистов.

Важно отметить также культурное и социальное значение городов-спутников атомных станций. Такие населенные пункты часто становятся центрами культурной активности, привлекающими внимание общественности и повышающими уровень комфорта проживания.

Финансовая устойчивость. Одним из наиболее важных факторов, определяющих успех проекта атомной станции, является финансовая устойчивость и эффективность эксплуатации. Современные проекты предусматривают длительный срок службы, что позволяет снизить удельные затраты на электроэнергию и повысить конкурентоспособность продукции. Так, программа модернизации существующих мощностей и строительства новых блоков на ЛАЭС

демонстрирует высокий экономический эффект и ведет к росту инвестиционной привлекательности региона.

Перспективы развития. Перспективы дальнейшего роста зависят от многих факторов, среди которых важнейшими являются технологический прогресс и инновационные решения. Внедрение современных цифровых технологий, роботизация процессов и автоматизация производственных операций способствуют повышению эффективности работы АЭС и снижению затрат на эксплуатацию.

Таким образом, деятельность атомных электростанций положительно сказывается на социальном благополучии и финансовом положении территорий присутствия, оказывая существенное влияние на динамику регионального развития.

Отрицательные эффекты влияния АЭС представлены на рис. 2.

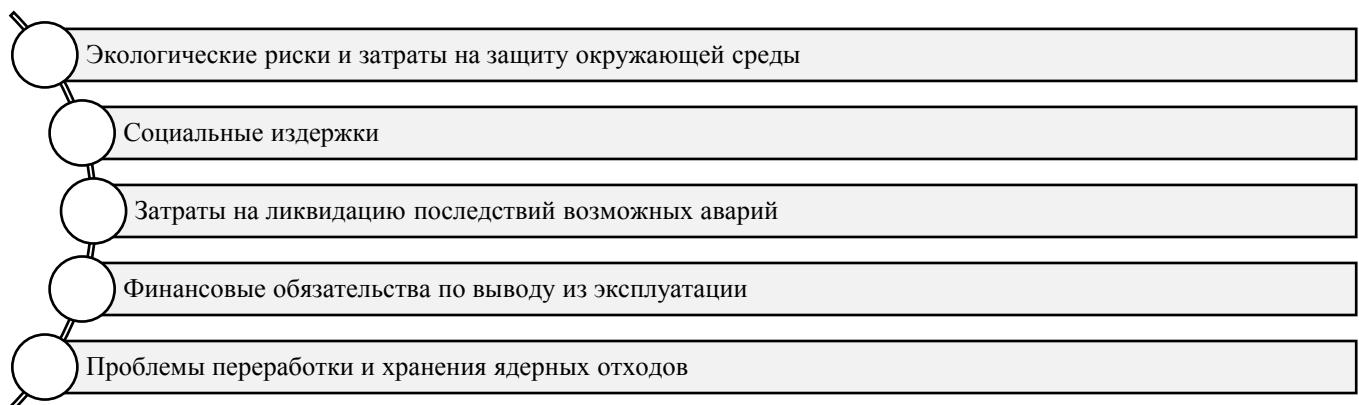


Рис. 2. Отрицательные эффекты влияния АЭС на развитие территории присутствия [2, 3]

Экологические риски и затраты на защиту окружающей среды. Хотя современные технологии делают эксплуатацию АЭС безопасной, остаются потенциальные угрозы аварий и утечек радиоактивных веществ. Инвестиции в системы защиты, контроль над состоянием оборудования и мониторинг окружающей среды увеличивают эксплуатационные расходы.

Социальные издержки. Местное население иногда выражает обеспокоенность возможными рисками проживания вблизи ядерного объекта. Психологический дискомфорт, вызванный близостью потенциально опасного производства, негативно сказывается на качестве жизни жителей, снижая привлекательность территории для привлечения новых работников и инвесторов.

Затраты на ликвидацию последствий возможных аварий. Если случается авария (например, Чернобыльская катастрофа), регион сталкивается с масштабными расходами на восстановление экологии, здоровье пострадавших и перемещение эвакуированного населения. Подобные события наносят огромный экономический ущерб.

Финансовые обязательства по выводу из эксплуатации. После завершения срока эксплуатации АЭС возникает необходимость демонтажа реактора и утилизации отработанного топлива. Такие процессы связаны с большими финансовыми затратами, нередко превышающими стоимость строительства самой станции.

Проблемы переработки и хранения ядерных отходов. Долгосрочное хранение

высокорадиоактивных материалов является серьезной задачей для всех стран, использующих атомную энергию. Создание специализированных хранилищ и технологий обращения с отходами также требует значительных финансовых вложений.

Таким образом, экономический вклад АЭС в региональное развитие заключается не только в обеспечении электроэнергией, но и в создании благоприятных условий для социального прогресса, повышения уровня жизни и устойчивого развития территорий. При этом, возможны дополнительные риски развития негативных последствий, которые надо отслеживать и обеспечивать их нейтрализацию.

Рассмотрим влияние ЛАЭС на территорию Ленинградской области и город Сосновый Бор.

Ленинградская АЭС – крупнейший энергетический объект Северо-Западной Объединённой энергетической системы, обеспечивает 57% потребления Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Строительство началось в сентябре 1967 года, первый энергоблок был введен в эксплуатацию в 1973 году, последующие – в 1975, 1979 и 1981 годах [4].

В 2015 году станции были переданы новые энергоблоки строящейся станции ЛАЭС-2. Первый из них был введен в эксплуатацию в 2018 году. В 2022 году выработка электроэнергии составила 31 400 млн кВт/ч. Доля ЛАЭС в выработке электроэнергии в Концерне «Росэнергоатом» составляет 14,06 % (данные по итогам 2022 года). 14 марта 2024 года был дан старт возводению седьмого энергоблока.

Численность персонала ЛАЭС насчитывает около 8 тысяч сотрудников. Большинство из них проживает непосредственно в городе Сосновый Бор или близлежащих районах, что значительно влияет на местный рынок труда и потребительские расходы.

Каждый энергоблок ЛАЭС обладает мощностью 1000 МВт, обеспечивая энергией значительную часть Северо-Западного региона России. Это делает станцию одним из основных производителей электроэнергии в стране.

Ленинградская АЭС занимает территорию площадью 454 га, что подразумевает масштабное промышленное пространство, инфраструктуру и поддержку служб жизнеобеспечения.

Доходы, полученные от деятельности АЭС, распределяются следующим образом.

Большая часть налоговых выплат аккумулируется федеральным бюджетом, однако определенный процент остается в местном бюджете. Отмечается низкий уровень эластичности влияния развития АЭС на доход муниципального бюджета по сравнению с влиянием на валовой территориальный продукт (ВТП).

Строительство новых энергоблоков, начатых в 2018 году, связано с крупными инвестициями. В частности, запланировано возведение двух новых энергоблоков (№7 и №8), что обеспечит дополнительные инвестиции в размере более 15 миллиардов рублей.

В заключение можно сказать, что Ленинградская АЭС оказывает существенное влияние на экономику и социальные условия жизни в городе Сосновый Бор и Ленинградской области.

Дальнейшее развитие станции и реализация инновационных проектов позволят сохранить лидерство региона в производстве чистой и надежной энергии.

Ленинградская атомная станция оказывает значительное положительное воздействие на экономику региона, обеспечивая рост занятости, налоговых поступлений и инвестиций. Ее деятельность поддерживает социальную стабильность и улучшает качество жизни местного населения. Примеры успешного экономического развития вокруг крупных промышленных объектов демонстрируют важность долгосрочной стратегии поддержки региональной экономики, основанной на взаимодействии власти, бизнеса и гражданского сообщества.

Литература

1. Пять доводов в пользу строительства АЭС. – URL: <https://rus.azattyq-ruhy.kz/society/59361-piat-dovodov-v-polzu-stroitelstva-aes> (дата обращения: 21.09.2025).
2. Гележа Т.А., Высоцкая В.А. Экологические последствия использования АЭС. – URL: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/75733/173-177.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 21.09.2025).
3. Влияние атомной энергетики на окружающую среду и человека. – URL: <https://chel.fpieco.ru/articles/vliyanie-atomnoj-energetiki-na-okruzhayushchuyu-sredu-i-cheloveka/> (дата обращения: 21.09.2025).
4. Сайт Ленинградской АЭС. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-leningradskoy-aes/ (дата обращения: 21.09.2025).

УДК 331.104.2

Новые формы социально-экономической поддержки работников атомной станции

Кочеваткина Элина Фаритовна, кандидат экономических наук,

доцент кафедры «Экономика, организация и управление на предприятиях»

Пашкина Виктория Александровна, студент направления «Экономика»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье рассматривается эволюция системы социально-экономической поддержки работников в одной из ключевых высокотехнологичных отраслей России – атомной энергетике. На примере Госкорпорации «Росатом» анализируются современные тенденции и новые формы социальных программ, направленные на привлечение, удержание и мотивацию высококвалифицированных кадров. Исследуется переход от разрозненных льгот к комплексным целевым программам, отвечающим конкретным запросам различных категорий сотрудников. На основе проведенного анализа предложены перспективные направления для дальнейшего развития корпоративной социальной политики, направленные на усиление ее эффективности и стратегической роли.

В современной экономике, основанной на знаниях, человеческий капитал становится ключевым стратегическим активом компании. Это в особенности актуально для высокотехнологичных и наукоемких отраслей, таких как атомная энергетика, где конкуренция за талантливых специалистов крайне высока. В этих условиях классические модели мотивации, основанные исключительно на денежном вознаграждении, оказываются недостаточными. Все большую значимость приобретает комплексная система социально-экономической поддержки, которая не только повышает привлекательность работодателя, но и формирует долгосрочную лояльность, снижает текучесть кадров и способствует повышению производительности труда.

Госкорпорация «Росатом», являясь мировым лидером в своей области, демонстрирует яркий пример системного подхода к управлению человеческим капиталом через реализацию продуманной социальной политики. Как отмечается в корпоративных документах, эта политика направлена на привлечение и удержание молодых и высококвалифицированных специалистов, повышение привлекательности работодателя и оказание всесторонней поддержки работникам и ветеранам отрасли [1].

Представленные в документе данные позволяют выделить несколько ключевых тенденций в модернизации социальной политики ГК «Росатом» [2].

Систематизация и унификация. Вместо разрозненных льгот, которые могли значительно отличаться в разных организациях отрасли, ГК «Росатом» переходит к единым корпоративным стандартам. Это касается как размеров материальной помощи, так и критериев предоставления поддержки (например, введение единой нормы площади в 18 м² для определения нуждаемости в улучшении жилищных условий). Такой подход повышает прозрачность и социальную справедливость, нивелируя территориальные диспропорции.

Адресность и гибкость. Наряду с унификацией, сохраняется и усиливается принцип адресности. Введена возможность оказания целевой помощи сотрудникам и бывшим работникам, оказавшимся в трудной жизненной ситуации, причем решение принимается на месте, с учетом конкретных обстоятельств. Это делает систему более отзывчивой и человечной.

Комплексный программный подход. Наиболее значимым нововведением является переход от предоставления отдельных льгот к запуску целевых комплексных программ, сфокусированных на конкретных категориях работников и их потребностях:

Масштабная жилищная программа: Адаптация к новым рыночным условиям (рост ипотечных ставок и первоначального взноса) путем значительного увеличения компенсации (до 70-90% ставки для отдельных категорий), повышения лимитов по доходу для участия и расширения нормативов по площади. Особый акцент сделан на поддержке молодых специалистов и многодетных семей, для которых предусмотрены повышенные займы на первоначальный взнос (до 2,5 млн руб.) и единовременные выплаты при рождении детей.

Программа поддержки работников с семейными обязанностями: Включает не только

материальную помощь, но и организационные меры: гибкий график, удаленный или гибридный формат работы, привязку отпусков к детским каникулам. Для многодетных семей расширены программы ДМС и добровольного страхования, включены телемедицинские консультации.

Программа поддержки участников СВО и их семей: Все ранее разрозненные меры объединены в единую программу, что повышает скоординированность и наглядность помощи. Делается акцент на проактивной поддержке, включая психологическую и медицинскую реабилитацию.

Данно-ориентированный подход. Важно отметить, что все изменения являются результатом ежегодного мониторинга и анализа эффективности социальной политики, включая изучение востребованности мер и кадровой отчетности. Это позволяет Корпорации оперативно и адекватно реагировать на меняющиеся запросы сотрудников и макроэкономическую ситуацию.

Социальные программы других крупных корпораций часто могут сильно различаться между дочерними и региональными предприятиями. Решения могут носить более разрозненный характер. У ГК «Росатом» внедрена единая отраслевая социальная политика. Это означает, что сотрудник на АЭС в Ленинградской области и на предприятии в ЗАТО на Урале получает доступ к единому пакету льгот с понятными и унифицированными условиями. Это исключает внутреннюю конкуренцию и социальную несправедливость. Здесь можно отметить преимущество системного, а не ситуативного подхода.

ГК «Росатом» создает не набор льгот, а целостную социальную экосистему, которая решает ключевые жизненные проблемы сотрудника (жилье, здоровье, семья, дети) на протяжении всей его жизни. Это делает госкорпорацию абсолютным лидером на рынке труда России и эталоном для подражания в области корпоративной социальной ответственности (рис. 1).



Рис. 1. Расходы социального характера на 2024 год [1]

Несмотря на комплексный и прогрессивный характер социальной политики «Росатома», потенциал для ее развития далеко не исчерпан. В рамках стратегического видения можно предложить следующие новые формы поддержки.

Развитие «цифрового социального пакета». Создание единой цифровой платформы для сотрудников, где в личном кабинете можно было бы не только отслеживать все доступные льготы

и их остатки (например, баланс на оздоровление), но и гибко ими управлять в рамках установленного лимита (например, перенаправлять часть средств с добровольного медицинского страхования на дополнительное пенсионное обеспечение или обучение). Это повысит вовлеченность и персонализацию подхода [3].

Корпоративная программа образовательных кредитов/грантов. Для дальнейшего повышения качества человеческого капитала можно внедрить программу софинансирования получения дополнительного образования или второго высшего образования не только по профильным, но и по смежным специальностям (IT, менеджмент, экономика). Это инвестиция в будущую многопрофильность и гибкость сотрудника.

Экосистема wellness и ментального здоровья. Помимо стандартного ДМС, создать комплексную программу wellness, включающую корпоративный психологический сервис (включая онлайн-консультации), программы по управлению стрессом, финансирование занятий спортом не только в корпоративных секциях, но и в любых внешних фитнес-центрах по выбору сотрудника (система компенсации) [4].

Программа «социального предпринимательства» для ветеранов. Для неработающих пенсионеров отрасли, сохранивших активность и опыт, можно создать программу грантов или конкурсов на лучшие социальные или профориентационные проекты для молодежи. Это позволит сохранить связь поколений, передать уникальный опыт и дать ветеранам новую социальную роль и мотивацию.

Создание корпоративных коворкингов и семейных центров. В городах присутствия можно организовать не просто столовые, а многофункциональные пространства, где сотрудники могли бы работать удаленно, а их дети – находиться под присмотром в игровых или развивающих зонах. Это решило бы вопросы совмещения работы и семейных обязанностей на новом качественном уровне [5].

Влияние социальной поддержки выходит далеко за рамки индивидуальных преимуществ для сотрудника. Она является мощным драйвером организационного успеха.

В условиях острой нехватки высококвалифицированных инженеров и ученых социальный пакет становится ключевым аргументом на рынке труда. Комплексные программы «Росатома», особенно жилищные, делают его неизменно привлекательным работодателем для молодежи и опытных специалистов, позволяя переманивать лучшие кадры у конкурентов.

Решив ключевые жизненные проблемы сотрудника (ипотека, детский отдых, медицинское обслуживание), компания значительно повышает «стоимость ухода». Сотруднику крайне сложно найти на рынке альтернативу с сопоставимым уровнем социальных гарантий, что надежно «привязывает» его к компании и снижает текучесть, особенно среди наиболее ценных кадров.

Здоровый, мотивированный и финансово стабильный сотрудник, не отвлекающийся на личные проблемы, работает продуктивнее. Снижение уровня стресса напрямую влияет на

концентрацию, уменьшение количества ошибок и готовность к инновациям.

Социальная политика — это не просто набор льгот, это прямое отражение ценностей компании. Подход «Росатома», ориентированный на заботу о человеке на протяжении всей жизни, формирует культуру взаимопомощи, лояльности и патриотизма. Это укрепляет репутацию не только как работодателя, но и как социально ответственного института в глазах государства и общества.

Особенно важно в моногородах и ЗАТО (закрытых административно-территориальных образованиях), где градообразующее предприятие фактически несет ответственность за благополучие тысяч людей. Качественная социальная поддержка является фундаментом социального мира и стабильности в этих территориях, что напрямую влияет на бесперебойность и безопасность производства.

Политика Госкорпорации «Росатом» в области социально-экономической поддержки сотрудников является передовой для российской практики. Ее важность для компании невозможно переоценить: она является ключевым инструментом для победы в «войне за таланты», повышения производительности, укрепления корпоративного духа и обеспечения долгосрочной устойчивости бизнеса. В конечном счете, инвестируя в социальное благополучие своих сотрудников, компания инвестирует в свою собственную конкурентоспособность, инновационный потенциал и будущее.

Предложенные новые формы поддержки — цифровизация, расширение образовательных и wellness-программ, создание социальных экосистем — направлены на дальнейшую персонализацию социального пакета, усиление роли профилактики и качества жизни, а также на стратегические инвестиции в развитие человеческого капитала. Реализация таких инициатив позволит «Росатому» не только сохранить лидирующие позиции на рынке труда, но и сформировать новый отраслевой стандарт социальной ответственности бизнеса, ориентированный на будущее.

Литература

1. Страна Росатом: официальный сайт. — Москва. — URL: <https://strana-rosatom.ru/2025/07/01/nam-vazhno-sohranit> (дата обращения: 20.09.2025).
2. «Росатом» на ПМЭФ-2025 поделился опытом работы в сфере корпоративной социальной ответственности. — URL: <https://atommedia.online/press-releases/rosatom-na-pmef-2025-podelilsya-opytom-raboty-v-sfere-korporativnoy-sotsialnoy-otvetstvennosti/> (дата обращения: 20.09.2025).
3. Новая экономическая система. — URL: <http://worldcrisis.ru/crisis/3787540> (дата обращения: 20.09.2025).
4. Игорь Володин, HealthTech эксперт: ИТ помогают людям заботиться о своем физическом и ментальном здоровье. — URL: https://www.cnews.ru/articles/2024-08-27_igor_volodinhealthtec_ekspert_it_pomogayut (дата обращения: 20.09.2025).
5. Инновационные форматы: коворкинг реформа. — URL: <https://bash.today/posts/kak-otkryt-kovorking-polnoe-rukovodstvo-po-sozdaniyu-uspeshnogo-biznesa> (дата обращения: 20.09.2025).

Влияние РоАЭС на социально-экономическое развитие г. Волгодонска и Ростовской области

Плитинь Ярослав Николаевич, студент специальности «Экономика»;

Залилова Арина Маратовна, студент специальности «Экономика»;

Волгина Светлана Васильевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры

«Экономика и социально-гуманитарные дисциплины»;

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Волгодонск

В статье рассматривается роль и значимость ростовской АЭС в обеспечении социально-экономического развития г. Волгодонска и Ростовской области. Исследование основано на статистических показателях и отчётных данных предприятия, демонстрирующих энергетическую значимость станции, прямые и мультипликативные экономические эффекты как дополнительные возможности для региона в целом.

Атомная энергетика в современных условиях составляет основу энергобезопасности России, обеспечивая стабильность и развитие национальной экономики. Ростовская атомная электростанция (РоАЭС) играет важную роль в энергоснабжении Юга России и значительно влияет на социально-экономическое положение региона.

Решение о строительстве станции было принято в конце 1970-х годов в рамках масштабной программы по развитию атомной энергетики, направленной на обеспечение растущих потребностей промышленности и населения региона в электроэнергии.

Строительство АЭС было начато в 1979 году. Первый энергоблок был введен в эксплуатацию в 2001 году, последующие – в 2010, 2014, 2018 годах соответственно. Несмотря на то, что проектирование и строительство РоАЭС началось в советский период, по меркам атомной энергетики она является одной из самых молодых и современных станций России. Это позволило оснастить станцию передовым оборудованием и внедрить самые современные стандарты безопасности.

На атомной электростанции используются реакторы типа ВВЭР-1000 электрической мощностью 1000 МВт каждый. Динамика выработки электроэнергии на протяжении всего периода эксплуатации станции представлена на рисунке 1 [1; 2].

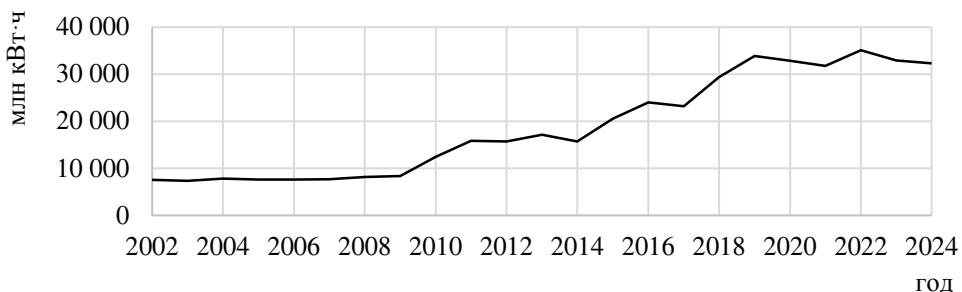


Рис. 1. Выработка электроэнергии РоАЭС, млн кВт·ч

На графике виден устойчивый рост объемов выработки электроэнергии. Существует прямая зависимость между вводом новых мощностей и ростом общей выработки электроэнергии. Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) отражает долю фактической выработки от максимально возможной. За последние три года он равен 93,63% [2]. Это стабильно превышает среднероссийские показатели, что демонстрирует высокую эффективность использования станции.

Станция вырабатывает около 70% электроэнергии в Ростовской области, что обеспечивает удовлетворения потребностей населения и стабильные условия для работы промышленных предприятий [2]. Высокий уровень индустриализации региона, где доля промышленного производства в структуре ВРП достигает 67% [3], обуславливает критическую зависимость экономики от стабильности энергоснабжения. В данных условиях РоАЭС выполняет системообразующую функцию, обеспечивая базовую генерацию и покрывая значительную часть промышленного спроса, что формирует конкурентные преимущества для региона и способствует привлечению энергоемких производств.

Прямой вклад РоАЭС в ВРП региона можно оценить в 1-1,5% [3;4]. Кроме того, станция создает дополнительный мультиплекативный эффект. Это означает, что каждый рубль добавленной стоимости, созданный РоАЭС, генерирует несколько рублей дополнительного дохода в смежных отраслях, таких, как машиностроение, строительство, научно-исследовательская деятельность и т.д.

Станция является одним из крупнейших налогоплательщиков в регионе, обеспечивая стабильный поток доходов в бюджеты всех уровней. Налоговые отчисления РоАЭС представлены в таблице 1.

Таблица 1

Налоговые отчисления Ростовской АЭС [4]

Наименование показателя	За 2024г., млн. руб.	За 2023г. млн. руб.
Всего налоги и сборы	19 401	19 383
Федеральный бюджет – всего	7 643	9 316
НДС	5 223	6 531
Налог на прибыль	1 089	895
НДФЛ	1 325	1 172
Региональный бюджет – всего	8 713	7 535
Налог на прибыль	6 173	5 070
Налог на имущество	2 538	2 462
Местный бюджет – всего	9	7
Земельный налог	9	7
Страховые взносы во внебюджетные фонды	3 034	2 525

Анализ динамики налоговых отчислений РоАЭС демонстрирует положительную тенденцию: в 2024 году отчисления в бюджет Ростовской области увеличились на 15,6%. Это можно вычислить по формуле:

$$\text{Прирост региональных налогов} = (\sum H_{pe2024} / \sum H_{pe2023}), (1)$$

где $\sum H_{pe2024}$ – сумма региональных налоговых отчислений за 2024 г.; $\sum H_{pe2023}$ – сумма

региональных налоговых отчислений за 2024 г.

Совокупные региональные налоговые поступления станции составляют 1,9%, от доходной части бюджета Ростовской области. Данный показатель был вычислен как отношение суммы налоговых отчислений в региональный и местный бюджеты к совокупному доходу консолидированного бюджета Ростовской области [3,4].

Инвестиционная составляющая деятельности станции характеризуется значительными объемами капиталовложений. Несмотря на методологические сложности в оценке совокупных инвестиций за весь период строительства в связи с длительным сроком реализации проекта, инфляционными процессами и периодом консервации, объем финансирования только четвертого энергоблока составил 82,5 млрд. рублей [5]. В 2024 году привлечено около 6,5 млрд. рублей на модернизацию и плановый ремонт станции [6]. Кроме прямых инвестиций, наличие атомной станции существенно повышает инвестиционную привлекательность территории, создавая надежную энергетическую инфраструктуру для размещения энергоемких производств.

Важным аспектом экономического воздействия является интеграция АЭС в кластер атомной промышленности г. Волгодонска, включающий филиал АО «АЭМ-Технологии» «Атоммаш», АО «Атоммашэкспорт» и другие специализированные предприятия. Благодаря такому объединению возникает синергия и усиливается мультипликативный эффект, поскольку предприятия начинают теснее сотрудничать и эффективнее используют местные ресурсы и знания.

РоАЭС является важным источником рабочих мест для г. Волгодонска. На станции в настоящее время работает более 3200 чел. (рис. 2).

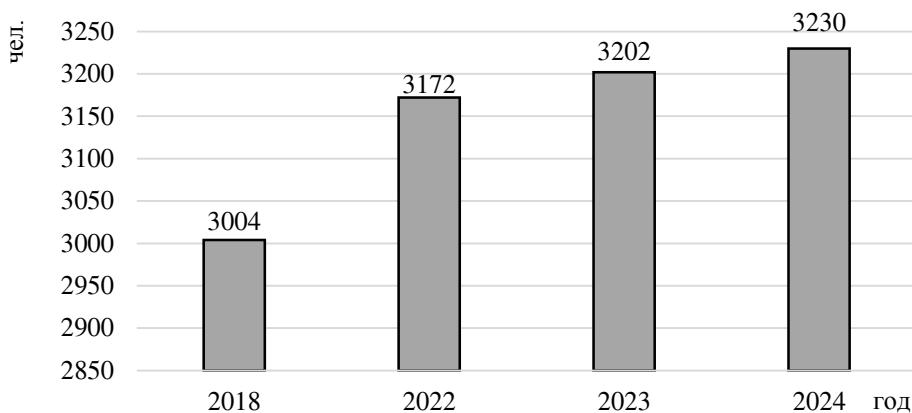


Рис. 2. Численность персонала РоАЭС [4]

На рисунке видно, что численность персонала стабильно увеличивается, что обеспечивает стабильную занятость населения г. Волгодонска и высокий уровень доходов. Станция является предприятием базовой отрасли, продукция или услуги которой в основном ориентированы на экспорт за пределы региона (страны, области, города), и за счёт этого в регион поступают денежные средства. Таким образом, возникает мультипликативный эффект от занятости на АЭС, создавая дополнительные рабочие места.

Представленные данные позволяет сделать вывод о системообразующей роли РоАЭС в социально-экономическом развитии г. Волгодонска и Ростовской области. Перспективы развития связаны с дальнейшей модернизацией энергоблоков, повышением эффективности производства и укреплением позиций РоАЭС как ключевого элемента экономики Южного федерального округа. Интеграция станции в кластер атомной промышленности г. Волгодонска создает дополнительные возможности для синергетического развития и повышения конкурентоспособности региона.

Литература

1. Материалы обоснования лицензии на осуществление деятельности в области использования атомной энергии «Эксплуатация энергоблока № 2 Ростовской АЭС в 18-месячном топливном цикле на мощности реакторной установки 104% от номинальной»: ЧАСТЬ I / АО «Концерн Росэнергоатом». – 2016. – URL: <https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/332/332e2f9bbbc480b1f486c74edba97634.pdf> (дата обращения: 24.10.2025).
2. Отчет по экологической безопасности Ростовской АЭС за 2024 год / Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция». – Волгодонск: Ростовская АЭС, 2025. – 4 с. URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-rostovskoy-aes/bezopasnost-i-ekologiya/ekologicheskie-otchety/ (дата обращения: 24.10.2025).
3. Ростовская область в цифрах: краткий статистический сборник / Ростовстат. – Ростов-на-Дону, 2025. URL: <https://youthlib.mirea.ru/ru/resource/6809?ysclid=mh61n1k3g5444767750> (дата обращения: 24.10.2025).
4. Пояснения к бухгалтерской (финансовой) отчетности за 2024 год / АО «Концерн Росэнергоатом». – Электронные данные. – Москва, 2025. – URL: <https://bo.nalog.gov.ru/organizations-card/5594966> (дата обращения: 24.10.2025).
5. Объем финансирования четвертого энергоблока Ростовской АЭС составил 82,5 млрд рублей [Электронный ресурс] // Bigpowernews. – 2023. – 28 дек. – URL: <https://www.bigpowernews.ru/news/document68806.phtml> (дата обращения: 24.10.2025).
6. Ростовская АЭС направит в 2024 году 6,5 млрд руб. на модернизацию оборудования // Официальный сайт Госкорпорации «Росатом». – URL: <https://rosatom.ru/journalist/news/rostovskaya-aes-napravit-v-2024-godu-6-5-mlrd-rub-na-modernizatsiyu/> (дата обращения: 24.10.2025).
7. Боркова, Е. А. Экономическое влияние Ленинградской атомной электростанции на Сосновый бор, Санкт-Петербург и Ленинградскую область / Е. А. Боркова, В. Д. Коротков, Е. А. Седлецкая // Государственный советник. – 2019. – № 3(27). – С. 93-100. – EDN CHXMDP. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomiceskoe-vliyanie-leningradskoy-atomnoy-elektrostantsii-na-sosnovyy-bor-sankt-peterburg-i-leningradskuyu-oblast> (дата обращения: 24.10.2025).

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК