

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
Инженерная школа «Интеллектуальные энергетические системы»

---

# **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

Сборник трудов  
I Всероссийской научно-практической конференции

**21–23 ноября 2023 г.**

Томск 2023

УДК 620.9:004.89(063)  
ББК 31.27:32.813л0  
И73

**И73 Интеллектуальная энергетика** : сборник трудов I Всероссийской научно-практической конференции (Томск, 21–23 ноября 2023 г.) / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – 252 с.

Сборник содержит доклады, представленные на I Всероссийской научно-практической конференции «Интеллектуальная энергетика», прошедшей в Томском политехническом университете на базе Передовой инженерной школы «Интеллектуальные энергетические системы». Материалы сборника отражают доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, принятые к обсуждению на секциях: «Вопросы использования цифровых технологий в прикладных задачах энергетики», «Искусственный интеллект в системах принятия решений», «Цифровое моделирование технических объектов и систем», «Цифровые системы управления техническими объектами», «Искусственный интеллект в образовании и правовые основы цифровой среды».

Сборник предназначен для специалистов в области искусственного интеллекта в энергетической отрасли, студентов и аспирантов соответствующих направлений подготовки.

**УДК 620.9:004.89(063)**  
**ББК 31.27:32.813л0**

*Редакционная коллегия*

В.А. Першуков, д.т.н., советник ректора ТПУ, председатель программного комитета;  
М.В. Козина, к.т.н., научный сотрудник ОИС ИШИИЭС ТПУ, председатель 1-й секции;  
А.Г. Зибзеев, к.т.н., главный эксперт по цифровизации АО «ТомскНИПИнефть», председатель 2-й секции;  
В.С. Николаенко, к.э.н., доцент Бизнес-школы ТПУ, председатель 3-й секции;  
С.В. Леонов, к.т.н., доцент ОИТ ИШИИТР ТПУ, председатель 4-й секции;  
Т.Е. Мамонова, к.т.н., доцент ОИС ИШИИЭС ТПУ, председатель 5-й секции;  
А.А. Сидорова, старший преподаватель ОАР ИШИИТР, секретарь 2-й секции;  
М.А. Михайлович, инженер ОИС ИШИИЭС ТПУ, секретарь 1-й секции;  
Е.С. Михеев, инженер ОИС ИШИИЭС ТПУ, секретарь 5-й секции;  
А.В. Упоров, инженер ОИС ИШИИЭС ТПУ, секретарь 4-й секции;  
У.С. Комкина, инженер ОИС ИШИИЭС ТПУ, секретарь 3-й секции;  
А.М. Богдан, ведущий эксперт орг. отдела ИШИИТР, секретарь конференции.

**Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание представленной информации ответственность несут авторы**

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ 1. ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ ЭНЕРГЕТИКИ

<b>РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТОВ</b> <i>Авад П.А., Сидорова А.А., Мамонова Т.Е.</i> .....	8
<b>СИНТЕЗ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ГИДРИДА МАГНИЯ И НАНОРАЗМЕРНОГО ПОРОШКА НИКЕЛЯ</b> <i>Леонова Е.С., Кенжиев А., Курдюмов Н.</i> .....	12
<b>ПРОБЛЕМА ЭФФЕКТИВНОГО ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ</b> <i>Михеев Е.С.</i> .....	14
<b>ЗАДАЧИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ АБОНЕНТОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ</b> <i>Яр-Мухамедов И.Г.</i> .....	15
<b>АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ СЕРЕБРА В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ РАЙОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО РУДНОГО УЗЛА (ЧУКОТСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА)</b> <i>Фигероа Б.Ф.К., Савинова О.В.</i> .....	17
<b>РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ УЧАСТКА ПОДГОТОВКИ И ХРАНЕНИЯ ПРЕСС-ПОРОШКА</b> <i>Смирнов Л.Ю., Сизов С.И., Ефремов Е.В., Фейгин А.И.</i> .....	20
<b>РОБОТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ</b> <i>Агеева Н.А.</i> .....	24
<b>РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА СМЕШЕНИЯ ПОРОШКА СО СТЕАРАТОМ ЦИНКА</b> <i>Хохленков М.Е., Сизов С.И., Ефремов Е.В., Фейгин А.И.</i> .....	27
<b>РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ УЧАСТКА ГРАНУЛИРОВАНИЯ</b> <i>Семенов Д.Ю., Сизов С.И., Ефремов Е.В., Фейгин А.И.</i> .....	31
<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИЕЙ 610 КВ. ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ</b> <i>Белянин И.В.</i> .....	35
<b>СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ОРГАНИЧЕСКОЙ И ВОДНОЙ ФАЗЫ</b> <i>Сумин Г.В., Надеждин И.С., Смирнов Н.П.</i> .....	39
<b>МАЛЫЕ МОДУЛЬНЫЕ РЕАКТОРЫ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ</b> <i>Упоров А.В.</i> .....	41
<b>ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАРТОГРАММЫ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ РЕАКТОРА С БОЛЬШОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТЬЮ</b> <i>Смольников Н.В., Аникин М.Н., Лебедев И.И., Наймушин А.Г.</i> .....	43
<b>AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE OIL STATION CONTROLLING THE HYDRAULIC DRIVE OF THE WATER PUMP IMPELLER BLADES</b> <i>BORISOV D.A., KHUDONOGOVA L.I.</i> .....	47
<b>ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР ДЛЯ ТРЕКИНГА ЧАСТИЦ МНОГОСЛОЙНЫМИ СБОРКАМИ STRAW-ДЕТЕКТОРОВ</b> <i>Чумаков Д.К., Дусаев Р.Р.</i> .....	50
<b>СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В РЕЗЕРВУАРАХ</b> <i>Жуань С.</i> .....	53
<b>ПРОВЕДЕНИЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВТОРОГО КОНТУРА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ РЕАКТОРА ИРТ-Т МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ</b> <i>Кублинский М.К., Смольников Н.В., Наймушин А.Г.</i> .....	56
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЕГО ПОЧЕРКА С СОДЕРЖАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ</b> <i>Калько А.И., Наранович О.И.</i> .....	60

<b>КУЛЬТУРА ДАННЫХ В АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ</b> <i>ГОРБУНОВА В.В., ВОЗНИЮК П.В.</i> .....	65
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ</b> <i>ПЕТРОВА А.А.</i> .....	69
<b>СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ СЕТЕЙ</b> <i>ДОРОГИН Д.О.</i> .....	73
<b>SOURCE OF RADIATION EMISSION WITH A PLASMA-PHYSICAL ACCELERATOR OF A LINEAR CONFIGURATION</b> <i>ALEXEY S. DEMIN, SERGEY D. POLOZKOV, SERGEY V. BEDENKO.</i> .....	77
<b>СЕКЦИЯ 2. ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ</b>	
<b>ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПСЕВДОЛИНЕЙНОГО КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С РАЗДЕЛЬНЫМИ КАНАЛАМИ ДЛЯ АМПЛИТУДЫ И ФАЗЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ УПРАВЛЕНИИ</b> <i>Ли Чжэньбэй, СКОРОСПЕШКИН М.В.</i> .....	81
<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМОЙ ЯЧЕЙКИ ПАМЯТИ НА ОСНОВЕ МАГНИТНОГО СКВИМОНА МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО</b> <i>ВАСИЛЬЕВ Е.В., КАПИТАН Д.Ю., РЫБИН А.Е.</i> .....	85
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ УПРАВЛЯЕМЫМИ САМОКОМПЕНСИРУЮЩИМИСЯ ЛИНИЯМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ</b> <i>ВОРОНИНА Е.В., КРЮКОВ А.В., СЕРЕДКИН Д.А.</i> .....	87
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТИВНЫХ ЗОН БЫСТРЫХ РЕАКТОРОВ СО СВИНЦОВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ DOLCE VITA</b> <i>ФОМИН А.А., ГРИГОРЬЕВА А.В., ЧЕРТКОВ Ю.Б.</i> .....	91
<b>ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ПРИМЕРЕ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ОМСКЭНЕРГОСБЫТ»</b> <i>ПОЛКОВСКАЯ М.Н., НАУМОВ И.В.</i> .....	94
<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОИМПУЛЬСНОГО ПОЛЕТА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ОТ ЗЕМЛИ К УРАНУ</b> <i>ИСАЧЕНКОВ Н.Ю.</i> .....	98
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ КАПЕЛЬ ЖИДКОСТИ В ГИБРИДНОЙ ГРАДИРНЕ С ОРЕБРЕННЫМИ ТРУБАМИ</b> <i>МАЯСОВА А.О., ЧЕТЫРЧИНСКИЙ Я.В., МАДЫШЕВ И.Н.</i> .....	101
<b>МЕТОДИКА РАСЧЁТА УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОЛНИИ НА ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ</b> <i>РУБЦОВ К.Д., КРОНГАУЗ Д.Э.</i> .....	104
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ GEANT4 СПЕКТРОВ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ И ДЕНСИТОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ</b> <i>КОТЛЯРЕВСКАЯ А.С., ПАВЛЮК А.О.</i> .....	108
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ПОДГАЗОВЫХ ЗОН С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ДОБЫЧИ</b> <i>КАЛИСТРАТОВ К.А.</i> .....	112
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ТОЧЕЧНОЙ КИНЕТИКИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ RUTHON</b> <i>КАЧАНОВ Д.Д.</i> .....	114
<b>ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ УСТРОЙСТВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГРАФИТОВЫХ БЛОКОВ ДЛЯ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ УРАН-ГРАФИТОВЫХ РЕАКТОРОВ</b> <i>РИФ А.Э., ПАВЛЮК А.О.</i> .....	117
<b>СОЗДАНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА ИРТ-Т В ПАКЕТЕ PHITS</b> <i>КИСЕЛЕВ Д.А.</i> .....	121
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕАКТОРА РИТМ-200</b> <i>ЗАРЕЦКИЙ А.А.</i> .....	124
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКЛИКА КРЕМНИЕВОГО ФОТОУМНОЖИТЕЛЯ EQP15 В СРЕДЕ ALLPIX</b> <i>ФЛУСОВА Д.С., БИКМЕТОВ Н.Р., ГОГОЛЕВ А.С.</i> .....	126

<b>РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ В ЗАЩИТНЫХ БОКСАХ</b>	
<i>Кривобородько В.А., Ливенцов С.Н., Ливенцова Н.В., Егорова О.В.</i> .....	128
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ D-CRMP ДЛЯ СЛУЧАЯ С БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ СКВАЖИН</b>	
<i>Лебедев В.И., Мусакаев Н.Г.</i> .....	131
<b>ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ИНДУСТРИИ</b>	
<i>Еременко М.С., Элешкевич А.Д.</i> .....	135
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ АППРОКСИМАЦИИ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ЗВЕНА ЗАПАЗДЫВАНИЯ ДРОБЯМИ ПАДЕ</b>	
<i>Ли Цзюмин, Сидорова А.А.</i> .....	138
<b>СЕКЦИЯ 3. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ И ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ</b>	
<b>ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b>	
<i>Гордова К.П.</i> .....	142
<b>ПРОМПТ ИНЖИНИРИНГ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ</b>	
<i>Брехова А.Г.</i> .....	145
<b>ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРАВА И СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ</b>	
<i>Новиков С.С., Новикова Ж.С.</i> .....	149
<b>МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ЗАДАЧЕ ВЫЯВЛЕНИЯ РИСКОВ В ГОСКОНТРОЛЕ</b>	
<i>Абраменков А.В.</i> .....	152
<b>МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВИРУСОВ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ</b>	
<i>Давиденко А.Д.</i> .....	155
<b>ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ</b>	
<i>Крючкова А.Д., Шишигина Н.В.</i> .....	157
<b>КОММУНИКАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЛОЯЛЬНОСТИ ОБЩЕСТВЕННОСТИ</b>	
<i>Рахмилевич М. П., Бомбин А.Ю.</i> .....	159
<b>БУДУЩЕЕ УЖЕ НАСТАЛО: РЕВОЛЮЦИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА</b>	
<i>Галиуллина А.И., Тугузбаев Г.А.</i> .....	163
<b>СЕКЦИЯ 4. ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ</b>	
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕГРАЦИИ ПРОВОДНЫХ И БЕСПРОВОДНЫХ ПРОТОКОЛОВ СВЯЗИ</b>	
<i>Гительман В.С., Курганов В.В.</i> .....	167
<b>СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЛОКАЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ</b>	
<i>Емантаева Е.А., Расымбетов Р.Р., Кривоносова Н.В.</i> .....	171
<b>ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА</b>	
<i>Ибраев Р.Б., Мамонова Т.Е.</i> .....	173
<b>РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ</b>	
<i>Калинкин Я.В., Зибзеев А.Г.</i> .....	177
<b>СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ</b>	
<i>Канайкина К.А., Дмитриев А.Д., Чернова А.Д.</i> .....	180
<b>ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ С ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ</b>	
<i>Карки А., Леонов С.В.</i> .....	184
<b>РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗДОРОВЬЯ</b>	
<i>Лапина Е.В., Марухина О.В.</i> .....	186

<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОБАЙКА</b> <i>МИХАЙЛОВИЧ М.А., ЛЕОНОВ С.В.</i> .....	190
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО ТЕПЛООВОГО СЛЕДА ПРИ ВВОДЕ ПАРОЛЯ И ВОЗМОЖНЫХ МЕТОДОВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АТАКАМ</b> <i>ПРОЗОРОВА Е.А., НЕМИРОВИЧ-ДАНЧЕНКО М.М.</i> .....	194
<b>АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНЕРЦИОННОГО ОТКЛИКА НА СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В РАЗНЫХ ПО ПЛОТНОСТИ СЕТЯХ</b> <i>РАДЬКО П.П.</i> .....	198
<b>ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГНОЗА МОЩНОСТИ В УЗЛАХ НАГРУЗКИ МЕТОДАМИ ЛОКАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ С ГЭС</b> <i>СИДОРОВА А.В.</i> .....	202
<b>АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМИ РАСХОДАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАПИЛЛЯРНОГО РАСХОДОМЕРА И ПЛК</b> <i>СМИРНОВ Н.П., СУМИН Г.В., НАДЕЖДИН И.С., ДЕНИСЕВИЧ А.А.</i> .....	206
<b>АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННОЙ</b> <i>ЧЖАН ХАЙЛУН, СУХОДОЕВ М.С.</i> .....	208
<b>ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ В УПРАВЛЕНИИ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ПРОЕКТАМИ</b> <i>ХУДЯКОВ В.М.</i> .....	210
<b>РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОРМОРАЗДАЧИ В ПТИЧНИКЕ</b> <i>ЛЮ ЧЖИХАНЬ, СИДОРОВА А.А.</i> .....	212
<b>СЕКЦИЯ 5. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ</b>	
<b>РАНЖИРОВАНИЕ НАБОРА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ КОНТРАГЕНТОВ</b> <i>ИВАНОВА Д.В., НЕМИРОВИЧ-ДАНЧЕНКО М.М.</i> .....	216
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АНАЛИЗЕ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ТЕНДЕНЦИЙ</b> <i>ВАКУЛЕНКО Д.А.</i> .....	220
<b>НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ПОДХОДЫ К РАСЧЕТУ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В МОДЕЛЯХ СПИНОВОГО СТЕКЛА</b> <i>КАПИТАН Д.Ю., РЫБИН А.Е., ВАСИЛЬЕВ Е.В., КАПИТАН В.Ю., НЕФЕДЕВ К.В.</i> .....	223
<b>МЕТОДЫ КВАНТОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ</b> <i>ИВАНОВ Е.А., МАМОНОВА Т.Е.</i> .....	225
<b>ЗНАЧЕНИЕ ШИФРОВАНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ</b> <i>БЕЛОВ С.Д.</i> .....	230
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ПОТРЕБЛЕНИИ ЭНЕРГИИ</b> <i>БАЛАЦКИЙ Д.Е.</i> .....	234
<b>СИСТЕМА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА</b> <i>БАТОРШИН Т.Р.1, БОРИСОВА О.В.</i> .....	237
<b>ИНСТРУМЕНТЫ АНАЛИТИКИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ</b> <i>ГОРДЮШКИНА Е.С., КРИВОНОСОВА Н.В., ТОТОК Л.А.</i> .....	239
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЕТРОВЫМИ ФЕРМАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ</b> <i>БОГДАНОВА А.Н.</i> .....	242
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА</b> <i>ВЛАСОВ А.Е., ЛАЗАРЕВА Л.В.</i> .....	245
<b>ТЕСТИРОВАНИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ПРОНИКНОВЕНИЕ</b> <i>ГЛУШАКОВА В.А.</i> .....	248

**Секция 1. Вопросы использования цифровых технологий в прикладных задачах энергетики**

## РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТОВ

*Авад П.А.<sup>1</sup>, Сидорова А.А.<sup>2</sup>, Мамонова Т.Е.<sup>3</sup>,  
<sup>1</sup> ТПУ, ИШИТР, гр. 8Е02, e-mail: [paal3@tpu.ru](mailto:paal3@tpu.ru)  
<sup>2</sup> ТПУ, ИШИТР, ст. преподаватель, e-mail: [sidorova@tpu.ru](mailto:sidorova@tpu.ru)  
<sup>3</sup> ТПУ, ИШИТР, к.т.н., доц., e-mail: [stepte@tpu.ru](mailto:stepte@tpu.ru)*

### Введение

В последние десятилетия мы наблюдаем неустанный прогресс науки и технологий, а одной из ключевых областей в центре внимания стала эффективная работа с возобновляемыми источниками энергии. В этом контексте все большую актуальность приобретают исследования, связанные с генерацией энергии из неочевидных источников.

Особое внимание уделяется возможности извлечения энергии из повседневных действий человека, таких как ходьба. Использование пьезоэлементов (АС\_переменный ток DC\_постоянный ток) является одним из перспективных подходов к достижению этой цели. Представленное в работе устройство способно превращать механическую деформацию, например от давления наступающего человека на платформу, в электрическую энергию [1].

Идея генерации энергии через пьезоэлементы при ходьбе представляет собой инновационный подход для использования в повседневных приборах. Когда человек двигается, его шаги оказывают механическое воздействие на поверхность под ногами. Этот процесс может быть зафиксирован с помощью встроенных пьезоэлементов, которые превращают каждый шаг в электрический импульс.

При наличии достаточного количества пьезоэлементов и оптимальной организации, можно получить значительное количество энергии.

Целью представленной работы является разработка и исследование аппаратно-программной части платформы для генерации энергии на основе пьезоэлементов.

### Техническая составляющая

Разработка платформы для генерации энергии на основе пьезоэлементов может быть сложным и многоэтапным процессом. Важно провести все этапы систематически, начиная с проектирования на бумаге и заканчивая созданием прототипа и его тестированием.

Общий алгоритм для разработки такой платформы следующий [2]:

1. **Определение требований:** определите цели и требования для вашей платформы, такие как максимальная мощность, частота генерации энергии, рабочие условия и другие параметры.

2. **Проектирование 3D-модели:** используйте SolidWorks или аналогичное программное обеспечение для создания 3D-модели вашей платформы. Учтите расположение и размеры пьезоэлементов, а также монтажную конструкцию.

3. **Разработка электрической схемы печатной платы (РСВ):** создайте электрическую схему, которая включает в себя пьезоэлементы, выпрямитель для преобразования переменного тока в постоянный, и другие необходимые компоненты.

4. **Разработка управляющей электроники:** разработайте контроллер, который будет отслеживать работу пьезоэлементов и управлять энергетическими процессами.

5. **Производство прототипа:** создайте физический прототип на основе 3D-модели и печатной платы РСВ, при этом используйте технологии производства для изготовления корпуса и печатных плат.

### Программа Proteus

Программа представляет собой мощный инструмент для симуляции и моделирования электронных систем, включая схемы, которые включают пьезоэлементы. Она позволяет создавать и проверять различные схемы, а также анализировать их работу.

Одним из интересных применений пьезоэлементов является получение энергии из шагов проходящих пассажиров на станциях метро, схема пьезоэлементов в программе Proteus представлена на рис. 1.

Для демонстрации работы схемы выполнено:

1. Создание схемы в Proteus: начиная с создания схемы в Proteus, которая включает в себя пьезоэлементы, выпрямитель (для преобразования переменного заряда в постоянный) и устройство для хранения энергии, такое как аккумулятор или конденсатор [3].



2. Настройка параметров пьезоэлементов: указываются параметры пьезоэлементов, такие как их эффективность в преобразовании механической энергии в электрическую [4].

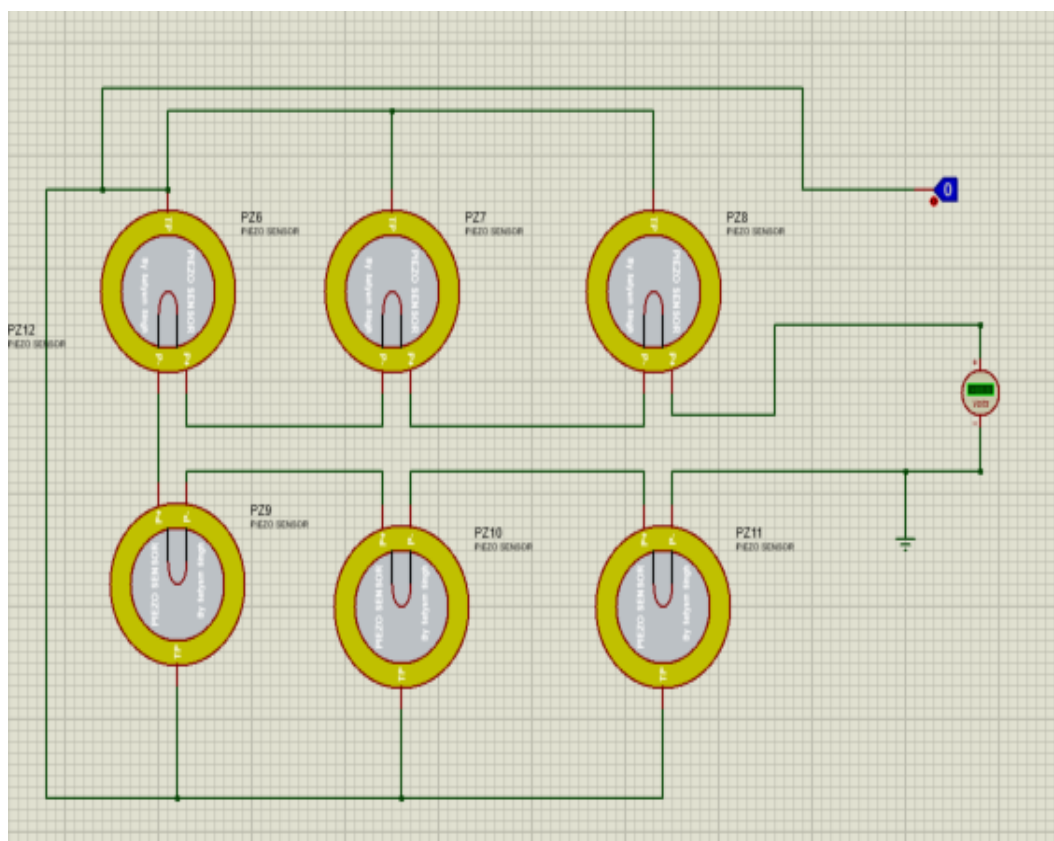


Рис. 1. Схема соединения пьезоэлементов в программе Proteus

В таблице 1 представлены результаты исследования влияния количества элементов и их схемы соединения на выходное напряжение устройства.

Таблица 1

Вид соединения пьезоэлементов	Количество элементов, шт	Выходное напряжение (пьезоэлемент), В
Последовательное	7	5
Параллельное	10	3,7
Последовательно-параллельное	6	5

Разработка печатной платы – это многоэтапный процесс, который включает в себя несколько ключевых шагов.

**Общая последовательность этапов для создания и подготовки РСВ следующая.**

1. **Проектирование схемы:** определите функциональные требования к вашей плате и создайте схему, отображающую, как будут соединены компоненты.
2. **Выбор компонентов:** определите необходимые компоненты, такие как резисторы, конденсаторы, микросхемы и др., при этом следует учитывать параметры каждого компонента, такие как емкость, сопротивление, рабочее напряжение и т. д.
3. **Создание библиотеки компонентов:** если необходимо, создайте библиотеку компонентов, чтобы упростить их последующее добавление в схему (рис. 2.).
4. **Создание схемы в РСВ-дизайнере:** используйте РСВ-дизайнер для печатной платы, такой как EasyEDA, KiCad, Eagle и др.
5. **Размещение компонентов:** разместите компоненты на плате в соответствии с вашей схемой и функциональными требованиями (рис. 3).

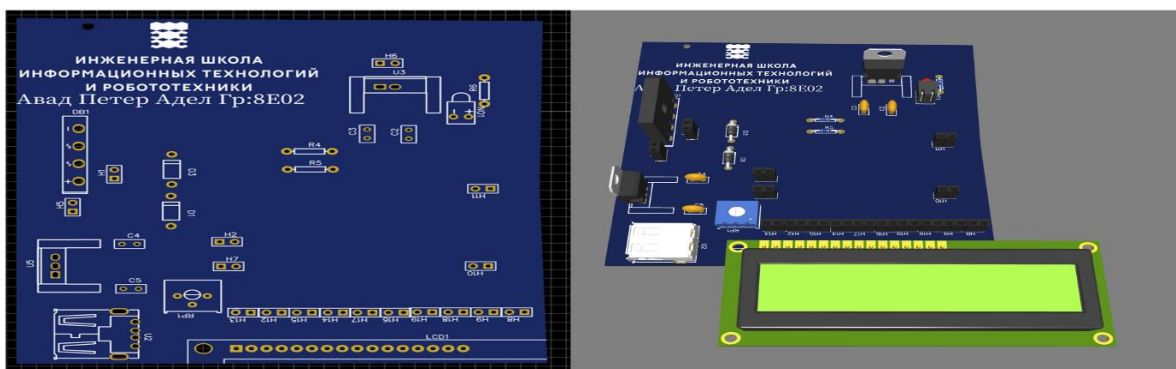


Рис. 2. Проектирование печатной платы PCB



Рис. 3. Вид готовой платы PCB

После изготовления печатной платы и подключения всех устройств для выполнения тестирования было выполнено следующее.

1. Присоединение напряжения в диапазоне от 7.5 до 10 вольт к пину номер 1 (Volt\_input).
2. Подсоединение UNO к пину номер 2 (Output 5 volt).
3. Использование пин номер 3 (для подсчета количества шагов) для чтения информации о шагах или какой-либо другой информации, которую он предоставляет.
4. Подключение преобразователь повышающего напряжения к пину номер 4 (для pin преобразователь повышающего напряжения) и убедитесь, что он правильно повышает напряжение.
5. Подключение преобразователя повышающего напряжения к пину номер 5 (данный преобразователь повышающего напряжения) и проверьте его работоспособность.
6. Пин номер 6 используется для получения энергии из пьезоэлемента.
7. К пину номер 7 подсоединяется зарядное устройство (для зарядки аккумулятора).

#### Возможные варианты улучшения системы

1. **Использование программы Altium Designer** для разработки более эффективных схем и печатных плат. Это поможет повысить производительность и надежность системы на рис. 4.
2. **Хранение собранной энергии в батарее:** для хранения собранной энергии следует выбрать батарею, соответствующую поставленным мощностным требованиям.
3. **Оценка потребления энергии** с использованием ESP32 и Wi-Fi модели для удаленного управления через приложение Blynk. Была создана программа для мониторинга и управления потреблением энергии, вид которой представлен на рис. 5.
4. **Оптимизация энергопотребления (для густонаселенных городов и мест скопления потоков людей, например, для метро)** следует доработать систему измерительными устройствами и сенсорами для регулирования яркости освещения в зависимости от окружающего освещения и наличия передвигающихся людей.

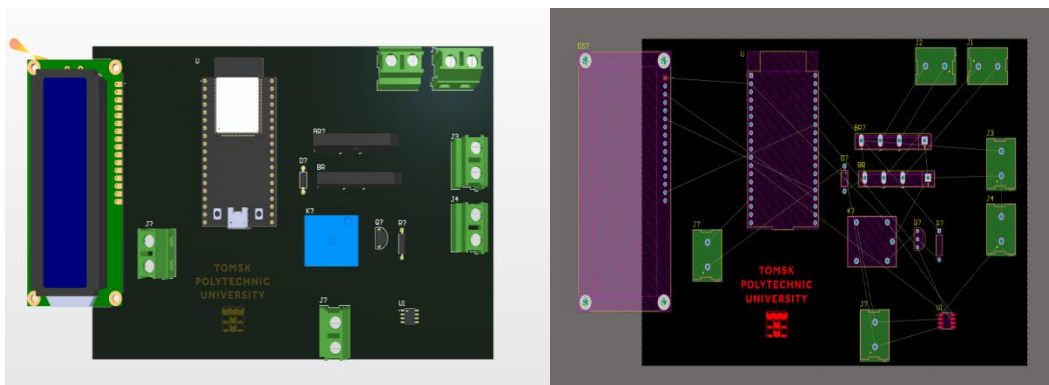


Рис. 4. Печатная плата PCB на Altium Designer 3D

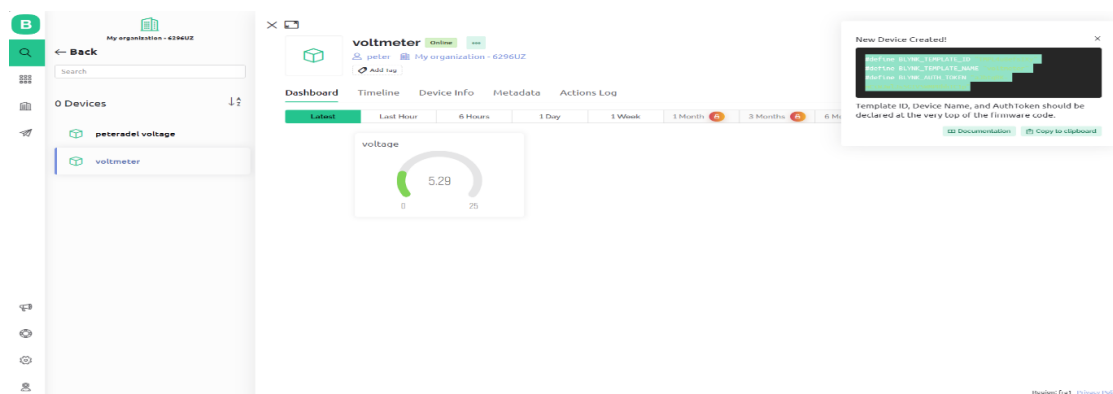


Рис. 5. Вид изменения данных об изменении параметра платформы в приложении Blynk

## Заключение

В представленной работе было выполнено исследование влияния количества пьезоэлементов и их схемы соединения на производимую энергию. Выполненные эксперименты в программном продукте Proteus показали, что наилучшим решением является сочетание последовательно-параллельного вида соединения, что дает такую же энергию, что и последовательное соединение, но при меньшем количестве элементов.

Так же разработана печатная плата, проведено её тестирование, указаны варианты улучшения алгоритма проектирования подобных устройств и их изготовления.

Возможные применения разрабатываемой платформы являются места скопления потоков людей, таких как станции метро, прогулочные и велосипедные дорожки.

## Список использованных источников

1. Rudi P. Paganellia, Aldo Romanib, Alessandro Golfarellib, Michele Magib, Enrico Sangiorgib, Marco Tatagni. Modeling and characterization of piezoelectric transducers by means of scattering parameters. Part I: Theory // Sensors and Actuators A: Physical. – 2010. – № 160. – P. 9–18.
2. Mohammed Abdul Karim. Novel archetype of fluid-based energy generation system from human footsteps, Mowaz (2021): Novel archetype of fluid-based energy generation system from human footsteps. Текст : электронный // URL: [https://www.researchgate.net/publication/353343321\\_Novel\\_archetype\\_of\\_fluidbased\\_energy\\_generation\\_system\\_from\\_human\\_footsteps\\_human\\_footsteps](https://www.researchgate.net/publication/353343321_Novel_archetype_of_fluidbased_energy_generation_system_from_human_footsteps_human_footsteps) (дата обращения: 23.10.2023).
3. Energy-Generating Floors to Power Tokyo Subways. – Текст : электронный // Tokyo. – URL: <http://inhabitat.com/Tokyo-subway-stations-get-piezoelectric-floors/Japan-east-rail-corporation-jr-east-piezoelectric-floors> (дата обращения: 25.10.2023).
4. Piezo products. – Текст : электронный // Piezoelectric Ceramic Products. – 2005. – P.10 – 40. – URL: Available: [piousa.us/fileadmin/user\\_upload/pi\\_us/files/catalogs/Piezo\\_Ceramics\\_Piezo\\_Materials\\_Piezo\\_Technology\\_Catalog-PIC.pdf](https://piousa.us/fileadmin/user_upload/pi_us/files/catalogs/Piezo_Ceramics_Piezo_Materials_Piezo_Technology_Catalog-PIC.pdf) (дата обращения: 01.11.2023).

# СИНТЕЗ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ГИДРИДА МАГНИЯ И НАНОРАЗМЕРНОГО ПОРОШКА НИКЕЛЯ

Леонова Е.С., Кенжиев А., Курдюмов Н.

Томский политехнический университет, ИЯТШ, ОБ11, [esl24@tpu.ru](mailto:esl24@tpu.ru)

## Введение

В настоящие дни существует проблема глобального потепления, его причиной является деятельностью людей, а именно: при сжигании ископаемого топлива в атмосферу выбрасывается углекислый газ  $\text{CO}_2$ , он приводит к возникновению парникового эффекта и перегреву планеты. Защита окружающей среды имеет первостепенное значение для развития и роста нации. Поэтому серьезную актуальность приобрела разработка альтернативных источников энергии, которые смогут решить данную проблему. Водород как энергоноситель является наиболее перспективным дополнением источникам энергии, полученным на основе ископаемого топлива, так как обладает высокой топливной эффективностью (141,7 МДж/кг) и экологичностью (продуктом сгорания является вода). Гидриды металлов, в частности гидрид магния  $\text{MgH}_2$ , являются перспективным методом хранения водорода. Такой метод отличается доступностью, объемной плотностью (109 г.  $\text{H}_2/\text{л}$ ) и высокой емкостью (7,6 масс. %). В результате механохимического синтеза гидрида магния совместно с наноразмерным порошком никеля, полученного методом электровзрыва проводников, был получен композит. В связи с этим проводилось исследование метода сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и энергодисперсионного анализа, с помощью чего было показано, что композит представляет собой структуру типа ядро-оболочка, где крупные частицы гидрида магния  $\text{MgH}_2$  покрыты наноразмерными частицами никеля.

## Основная часть

В настоящие дни существует проблема глобального потепления, его причиной является деятельностью людей, а именно: при сжигании ископаемого топлива в атмосферу выбрасывается углекислый газ  $\text{CO}_2$ , он приводит к возникновению парникового эффекта и перегреву планеты. Защита окружающей среды имеет первостепенное значение для развития и роста нации. Поэтому серьезную актуальность приобрела разработка альтернативных источников энергии, которые смогут решить данную проблему.

Водород как энергоноситель является наиболее перспективным дополнением источникам энергии, полученным на основе ископаемого топлива, так как обладает высокой топливной эффективностью (141,7 МДж/кг) и экологичностью (продуктом сгорания является вода).

Разработка безопасного, эффективного и экономичного способа хранения водорода – необходимый шаг на пути к получению конкурентоспособного вида топлива.

Гидриды металлов, в частности гидрид магния  $\text{MgH}_2$ , являются перспективным методом хранения водорода. Такой метод отличается доступностью, объемной плотностью (109 г.  $\text{H}_2/\text{л}$ ) и высокой емкостью (7,6 масс. %).

Однако, стоит отметить, что гидрид магния имеет высокую температуру сорбции и десорбции и низкую скорость протекания данных процессов. Это связано с ограниченной скоростью диссоциации молекул водорода на поверхности, наличием оксидного слоя и низкой подвижностью водорода в гидридной фазе. И для того чтобы извлечь водород требуется приложить большую энергию. Поэтому необходимо разработать методику по снижению энергии активации десорбции водорода.

Одним из направлений является синтез композитов на основе гидрида магния и каталитических добавок, которыми могут выступать металлы и их оксиды. Метод электрического взрыва проводников (ЭВП) является одним из перспективных методов для получения каталитических добавок к гидриду магния.

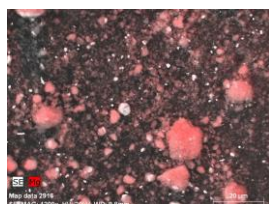


Рис. 1. SEM изображение магния в композите

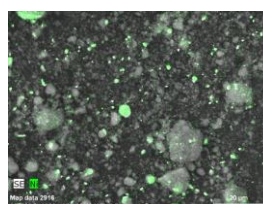


Рис. 2. SEM изображение порошка никеля в композите

Одним из таких методов является синтез гидрида магния с порошком никеля, полученного электрическим взрывом проводника (ЭВП) – процессом взрывного разрушения проволоки под действием тока с плотностью ( $>1010$  А/м<sup>2</sup>). При высокой плотности вводимой энергии материал проволоки трансформируется в наночастицы. Характеристики данного метода: длительность импульса тока и мощность взрыва.

### **Заключение**

В результате механохимического синтеза гидрида магния совместно с наноразмерным порошком никеля, полученного методом электровзрыва проводников, был получен композит. С помощью метода сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и энергодисперсионного анализа было показано, что композит представляет собой структуру типа ядро-оболочка, где крупные частицы гидрида магния MgH<sub>2</sub> покрыты наноразмерными частицами никеля.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-29-01280), а также в рамках программы повышения конкурентоспособности Томского политехнического университета*

### **Список использованных источников**

1. Борисов Д.Н. Водород-аккумулирующие сплавы и композиты на основе магния // ISJAEE. – 2008. – С. 33–38.
2. Можжухин С.А., Арбузов А.А., Тарасов Б.П. Влияние добавок восстановленного оксида графита и никеля на процесс обратимого гидрирования магния // ISJAEE. – 2015. – С. 78.
3. Middeli A., Dincer I. Int. J. Hydrogen Energy. – 2007. – 32, No.5. – P. 511–524.
4. Фурсиков П.В., Фокин В.Н., Фокина Э.Э., Можжухин С.А., Арбузов А.А., Лапшин А.Н., Ходос И.И., Тарасов Б.П. Микроструктура водородсорбирующих композитов на основе эвтектического сплава магния с никелем // ЖПХ. – 2022. – 95, No 8. – С. 1006–1010.
5. Фурсиков П.В., Слепцова А.М., Можжухин С.А., Арбузов А.А., Фокин В.Н., Фокина Э.Э., Ходос И.И., Тарасов Б.П. Фазовый состав и микроструктура сорбирующих водород композитов эвтектического сплава Mg-Ni с графеноподобным материалом // ЖФХ. – 2020. – 94, No 5. – С. 789–795.
6. Арбузов А.А., Можжухин С.А., Володин А.А., Фурсиков П.В., Тарасов Б. П. Синтез графеноподобных наноструктур и формирование на их основе катализаторов и водород-аккумулирующих композитов // Известия Академических наук. Серия химическая. – 2016. – No 8. – С. 1893–1901.

# ПРОБЛЕМА ЭФФЕКТИВНОГО ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

*Мухеев Е.С.*

*Томский политехнический университет, ИШИНЭС, инженер, e-mail: [dsfg\\_fghfg@mail.ru](mailto:dsfg_fghfg@mail.ru)*

## **Введение**

Целью данной работы является анализ проблемы эффективного хранения энергии в интеллектуальных энергосистемах в свете растущей потребности в энергетической эффективности и устойчивом использовании ресурсов.

## **Основная часть**

В статье были рассмотрены актуальность, проблемы, цели и задачи заданной темы, а также их решение, дополнительно рассмотрена методология проблемы.

Развитие новых технологий аккумуляторов и исследование альтернативных методов хранения энергии, таких как суперконденсаторы и водородные топливные элементы, являются ключевыми решениями для увеличения эффективности хранения энергии. Интеграция различных источников энергии, хранения и потребителей позволяет создать более гибкую и стабильную энергетическую систему, способную компенсировать колебания в спросе и предложении энергии.

Развитие интеллектуальных алгоритмов управления системой хранения энергии играет важную роль в оптимизации использования и эффективности энергии. Объемное и промышленное производство технологий хранения энергии снижает их стоимость и увеличивает их доступность, способствуя широкому внедрению эффективных систем хранения энергии.

Решение проблемы эффективного хранения энергии в интеллектуальных энергетических системах позволяет повысить использование возобновляемых источников энергии, улучшить стабильность и устойчивость энергетической инфраструктуры, а также снизить негативное воздействие на окружающую среду.

## **Заключение**

В заключении, эффективное хранение энергии в интеллектуальных энергетических системах играет важную роль в достижении устойчивой и эффективной энергетики будущего. Развитие новых технологий, интеграция различных источников энергии и управление системой хранения энергии позволят преодолеть текущие ограничения и обеспечить более устойчивую и эффективную энергетическую инфраструктуру.

## **Список использованных источников**

1. Кудрин Б. Электроснабжение промышленных предприятий : учебник / Б. Кудрин. – М. : Интермет Инжиниринг, 2005.
2. Котомкин В.Н. Энергоменеджмент. Энергосбережение в зданиях : учебное пособие для вузов / В.Н. Котомкин. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 376 с.
3. Аполлонский, С.М. Энергосберегающие технологии в энергетике. Том 1. Энергосбережение в энергетике / С.М. Аполлонский. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 436 с.
4. Денисов В.В. Основы природопользования и энергоресурсосбережения : учебное пособие / В.В. Денисов, И.А. Денисова [и др.]. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 408 с.
5. Байтасов, Р.Р. Основы энергосбережения / Р.Р. Байтасов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 188 с.
6. Арутюнян А.А. Основы энергосбережения : методы расчета и анализа потерь электроэнергии, энергетическое обследование и энергоаудит, способы учета и снижения потерь, экономический эффект / А.А. Арутюнян. – М. : ЭНЕРГОСЕРВИС, 2007. – 593 с.
7. Колесников, Анатолий Иванович. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях: учеб. Пособие для студентов сред. спец. учеб. заведений, обучающихся по строит. спец. / А.И. Колесников, М.Н. Федоров, Ю.М. Варфоломеев. – М. : ИНФРА-М, 2005. – 122 с. : ил. – (Среднее специальное образование).
8. Системы накопления и хранения энергии (ESS) – Текст : электронный. – 2022. – URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/energeticheskoe-oborudovanie/736503-sistemy-nakopleniya-khraneniya-energii-ess/>.
9. Современные системы накопления энергии. – Текст : электронный. – 2020. – URL: <https://controleng.ru/apparatnye-sredstva/sistemy-nakopleniya-energii/>.

## ЗАДАЧИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ АБОНЕНТОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ

*Яр-Мухамедов И.Г.*

*Институт машиноведения и автоматики НАН КР, старший научный сотрудник,  
e-mail: aldar@email.su*

### **Введение**

Одним из необходимых предварительных этапов решения практических задач является моделирование объектов и процессов. Это обусловлено тем, что явления, какими бы сложными или простыми они не были, всегда обладают очень большим, а может быть, и бесконечным, набором свойств и их значений. Ни человек, ни современные технические и программные средства не в состоянии охватить их целиком. Но этого, собственно, и не нужно делать. Конкретная задача, которую требуется решить, содержит в себе некоторую цель, для достижения которой задача и формулировалась. Конкретная цель определяет, какие из признаков и свойств объекта являются существенными, а какие – нет. Именно исходя из существенности свойств и отношений производится отбор данных об объекте и строится сама модель.

Если рассматривать аспект данных, то даже в их отобранном множестве наблюдается значительная разнородность, с одной стороны, и взаимная зависимость – с другой. Это обусловлено как единством и целостностью объекта моделирования, так и тем, что за наблюдаемым явлением скрывается непознанная или не до конца познанная сущность. Моделирование в этом плане выступает как один из научных инструментов познания сущности явлений.

Существует много различных методов анализа данных. Один из них, называемый кластерным анализом [1, 2], позволяет формальными средствами на основе набора данных о наблюдаемых свойствах объектов произвести их типизацию (классификацию). Тем самым снижается разнообразие, сжимаются данные, что позволяет оперировать уже не множеством объектов, а множеством классов объектов, мощность которого на порядок меньше и, кроме того, более наглядна взаимные связи.

Применительно к распределительным электрическим сетям (РЭС) кластерный анализ может использоваться, во-первых, для группировки абонентов в сравнительно небольшое число групп или зон, составляющих секции или фрагменты сети, которые могут рассматриваться как самостоятельные объекты анализа и управления. Во-вторых, аспект, обусловленный наличием трех фаз и необходимостью обеспечения симметричности нагрузок, требует кластеризации абонентов по оптимальным или близким к оптимуму фазным подключениям.

### **Задача снижения размерности модели РЭС**

Рассмотрим первую задачу. Имеется некоторое число потребителей электроэнергии (абонентов РЭС), которые подключены к сети в разных точках трехфазной линии. Для каждого из потребителей мы знаем расстояние от него до следующего в цепочке. Вместо расстояний могут рассматриваться и другие величины, например, сопротивления или проводимости соответствующих участков линии. Требуется сгруппировать абонентов так, чтобы было получено сравнительно небольшое число групп, сравнительно однородных по внутреннему составу (в плане размещения), но отличающихся друг от друга так, чтобы решение задач в терминах групп не теряло адекватности в интерпретации решения для отдельных абонентов.

Для решения задач рассматриваемого типа существует множество различных методов. Одним из наиболее простых и наглядных является метод одномерной модальной кластеризации. Суть его сводится к выполнению следующих шагов.

1. На основе данных наблюдений строится эмпирическая функция плотности распределения потребителей энергии вдоль линий сети.
2. Определяются экстремумы функции распределения.
3. Максимумы (моды) и имеет смысл рассматривать как центры кластеров (групп).
4. Минимумы являются фактически границами кластеров.
5. Исходя из установленных границ абоненты объединяются в кластеры.

Другой хорошо известный метод – метод иерархической кластеризации, основанный на агрегативном подходе, требует задания дополнительной меры расстояния или сходства для кластеров. В нашем случае это может быть мера «ближнего соседа», вычисляемая как расстояние между наиболее

близко расположенными элементами двух кластеров. Эта мера позволяет выделять цепочки сильно связанных элементов кластеризуемого множества.

Для обеспечения наглядности и облегчения процессов интерпретации результатов кластеризации строится график в виде перевернутого дерева (дендрограмма), на котором горизонтальная ось является номинальной и содержит номера или иные обозначения абонентов, а по вертикали откладываются значения меры расстояния для агрегируемых элементов. В процессе интерпретации осуществляется выбор критического уровня связей, а также наилучшего деления исходного множества объектов на кластеры.

Затронутые методы являются одними из самых простых, но никак не исчерпывают обширного арсенала кластерного анализа, многие из которых могут быть эффективно применены для решения данной задачи.

### **Задача кластеризации абонентов по фазным подключениям**

Для решения второй задачи будем использовать меру сходства, называемую статистической. Это – коэффициент линейной корреляции [3]. Главным его свойством, отличающим от других мер, является диапазон возможных значений от -1 до +1. Нулевое означает отсутствие связи, единичное – говорит о функциональной зависимости, минус единица свидетельствует об обратной функциональной зависимости. Промежуточные значения показывают долю вариации, обусловливаемую возможной функциональной зависимостью. При этом мы рассматриваем только наблюдаемые значения (не находимся в рамках статистического подхода).

Коэффициенты корреляции будем вычислять для каждой пары абонентов группы (кластера), используя для этого ретроспективные данные за ряд моментов или периодов времени. Это могут быть, например, показатели тока или полной мощности, регистрируемые абонентскими приборами учета.

Цель задачи состоит в такой группировке абонентов кластера по фазным линиям, чтобы обеспечивалась максимальная симметричность фазных нагрузок за весь период наблюдений.

Решив такую задачу по данным прошедших периодов, мы можем использовать это решение в будущем, если характер потребления абонентов не претерпит существенных изменений.

Полагаем, что критерий оптимальности известен. Известны и дополнительные условия. Во-первых, количество кластеров должно быть равно трем (по количеству фазных линий). Во-вторых, должны соблюдаться два правила.

1. В один кластер не должны попадать объекты со сходным распределением потребления во времени (большое значение коэффициента корреляции).
2. В один кластер следует включать объекты, имеющие низкие значения коэффициента корреляции. При этом их максимумы потребления не будут совпадать во времени, что обеспечит стабильность и, возможно, симметрию.

Данная задача не может быть решена стандартными для кластерного анализа методами и средствами. Будем использовать простейший подход – метод перебора. Проклятие размерности не будет нам угрожать по следующим причинам:

1. Мы решаем задачу не для сети в целом, а для отдельных кластеров, объектов в которых не так уж и много.
2. Дополнительные условия существенно ограничивают количество вариантов перебора.

Одним из достоинств метода ограниченного перебора является возможность учета нелинейностей различного характера как в целевой функции, так и в системе ограничений.

### **Заключение**

Кластерный анализ является мощным инструментом анализа и снижения размерности данных, выявления закономерностей и типизации объектов. В условиях автоматизации открывается широкое поле деятельности по применению его моделей и методов в задачах управления распределительными электросетями низкого напряжения. Принципы кластерного анализа хорошо согласуются с требованиями практических задач, решение которых требует комбинирования различных методов, в том числе и оптимизационных.

### **Список использованных источников**

1. Дюран Б., Одделл П. Кластерный анализ. – М. : Статистика, 1977. – 128 с.
2. Мандель И.Д. Кластерный анализ. – М. : Финансы и статистика. 1988. – 176 с.
3. Уилкс С. Математическая статистика. – М. : Наука, 1967. – 632 с.



# АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ СЕРЕБРА В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ РАЙОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО РУДНОГО УЗЛА (ЧУКОТСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА)

*Фигероа Б.Ф.К.<sup>1</sup>, Савинова О.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ТПУ, ИШПР, 2ЛМ21, студент, e-mail: ffigueroa.balvin@gmail.com

<sup>2</sup>ТПУ, ИШПР, к.г.-м.н. доцент, e-mail: logvinenkoov@tpu.ru

## **Введение**

Центральный золото-сереброрудный узел расположен в Канчалано-Амгуэмской металлогенической зоне, являющейся частью внутренней зоны Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП). Полезные ископаемые района образовались в течение мелового минерагенического этапа, совпадающего с этапом формирования ОЧВП. Наиболее характерным для Канчалано-Амгуэмской металлогенической зоны является оруденение золото-серебряной формации. В 25-ти километрах северо-западнее находится эксплуатируемое золото-серебряное месторождение Валунистое, выбранное в качестве эталонного объекта-аналога с установленной промышленной значимостью для Центральной перспективной площади (Ширшов С.А., 2020).

## **Основная часть**

Целью работы является анализ и сравнение точности нейронной сети (ANN) и трех методов машинного обучения (ML) для прогнозирования содержания серебра (Ag) на основе геохимических данных, полученных методом приближенно-количественного спектрального анализа на 16 элементов (Pb, As, Cr, W, Ni, Co, Bi, Mn, Ba, Be, Li, Mo, Sn, Cu, Ag и Zn). Исходный материал представляет собой набор данных, содержащий 8920 образцов и 19 переменных, включающих координаты, глубину и концентрации элементов. На начальном этапе анализа оценивалось распределение собранных данных. Этот шаг имеет решающее значение для понимания того, как распределяются концентрации серебра в геохимических образцах. При проверке распределения данных было обнаружено, что они не соответствуют стандартному нормальному распределению. Поскольку данные не были распределены нормально, были применены методы нормализации. Цель нормализации – сделать данные более сопоставимыми и пригодными для дальнейшего анализа (James et al., 2013). В этом случае робастная нормализация помогла уменьшить влияние выбросов и улучшить распределение данных. Помимо нормализации, для преобразования данных использовался метод натурального логарифма (ln). Логарифмическое преобразование является распространенный метод обработки асимметричных данных, если они не соответствуют нормальному распределению (Carranza, E.J.M., 2011). Применение натурального логарифма уменьшает дисперсию и облегчает статистический анализ и моделирование. Для дальнейшего улучшения качества данных был реализован процесс удаления выбросов. Выбросами называют необычные наблюдения, которые могут исказить результаты анализа (Pearson, R. K., 2002). Удаление этих значений гарантирует, что аномальные данные не окажут негативного влияния на модели машинного обучения.

Данные были разделены на обучающую и тестовую выборки для обучения и оценки производительности моделей, соответственно. Такое разделение гарантирует, что модели смогут обобщать невидимые данные. С помощью перекрестного поиска по сетке были выбраны оптимальные параметры модели. Этот процесс позволяет настроить гиперпараметры модели машинного обучения для достижения максимально возможной производительности. Взаимосвязь между геохимическими переменными устанавливалась с помощью четырех основных подходов: факторного анализа, агломеративной кластеризации, кластерного анализа и метода k-means. Факторный анализ выявил основные закономерности в переменных, упрощая интерпретацию. Агломеративная кластеризация группирует элементы со схожими профилями, а кластерный анализ группирует связанные переменные. Алгоритм k-means сгруппировал элементы на основе общих характеристик. Эти подходы выявили закономерности и взаимосвязи между переменными, что повлияло на выбор модели машинного обучения для оценки концентраций серебра.

Что касается архитектуры модели искусственной нейронной сети (ANN), она была разработана с последовательной структурой, включающей несколько уровней: входной, скрытый уровень и выходной уровень. В процессе обучения ANN подвергалась 75 эпохам корректировки, при этом наблюдалась эффективная коррекция, минимизировавшая расхождения между предсказаниями модели и реальными

значениями. Максимальные значения коэффициента детерминации ( $R^2$ ) достиг значения 0,6187 в обучающей выборке и 0,6646 в тестовой выборке. Для оптимизации метода опорных векторов (SVM) учитывалось значение  $C$ , которое уравнивает максимизацию точности и минимизацию ошибок классификации. Кроме того, была применена стандартизация данных с помощью Standard Scaler для обеспечения равномерного взвешивания функций в модели. Оценка выявила значение  $R^2$  равное 0,6555 на обучающем наборе и 0,6512 на тестовом наборе. С другой стороны, модель XG Boosting использовала модель XGB Regressor с корректировками нескольких ключевых параметров. Было выполнено 1000 обучающих итераций и установлена максимальная глубина 7 для контроля сложности модели. Параметр «eta» был установлен на 0,01, чтобы влиять на скорость обучения, а «colsample bytree» был установлен на 0,8, чтобы внести некоторую степень случайности в процесс.

Результаты, полученные с помощью модели XG Boosting, были идеальными. Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) достиг максимального значения 0,8955 в обучающем наборе, что указывало на то, что модель способна объяснить примерно 89,55 % изменчивости обучающих данных. В тестовом наборе  $R^2$  составлял 0,7481, что позволяет предположить, что модель смогла объяснить около 74,81 % изменчивости невидимых данных (рис. 1).

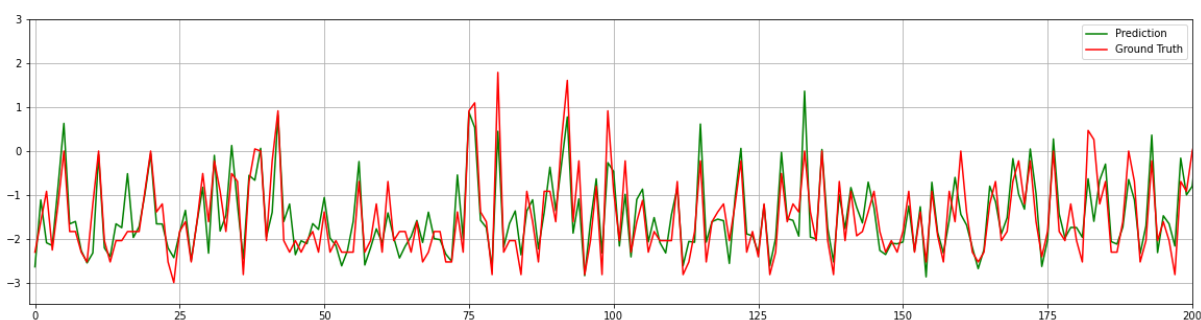


Рис. 1. Сравнение прогнозов (Prediction) с фактическими значениями (Ground Truth) в модели XGBOSST

Кроме того, была проведена перекрестная проверка, направленная на вычисление средней абсолютной ошибки (MAE). Результаты показали среднее значение MAE 0,354, что повысило эффективность и надежность модели XG Boosting при прогнозировании концентрации серебра. Наконец, модель случайного леса (RF). Был учтен параметр max\_length, которому было присвоено высокое значение 1000 для управления максимальной глубиной деревьев. В обучающем наборе модель Random Forest достигла максимального значения  $R^2$  равного 0,9604. В тестовом наборе  $R^2$  составлял 0,7262, что позволяет предположить, что модель смогла объяснить около 72,62 % изменчивости невидимых данных.

Результаты были представлены в таблице, суммирующей баллы  $R^2$  для каждого метода в различных группах на основе их индекса корреляции (Таблица 1), где каждая группа представляла свой аналитический подход. Каждому методу был присвоен рейтинг на основе его эффективности.

Таблица 1

Сравнение эффективности прогнозирования на основе  $R^2$  по группам

Group	Relationship indices	ANN	SVM	XG BOOST	RF	Rank
1	All data	0.6620	0.6512	0.7481	0.7262	1
2	Factor analysis	0.6398	0.6065	0.6896	0.6960	4
3	Agglomerative cluster	0.4527	0.3320	0.5155	0.5801	5
4	Cluster by variables	0.6646	0.6386	0.7227	0.7222	2
5	K-means	0.6390	0.6107	0.7171	0.7032	3

С точки зрения сходства, все методы моделирования имели общий подход к оценке концентрации серебра. Все они продемонстрировали способность улавливать изменчивость данных, но с разным

уровнем точности. Более того, результаты отражают общую согласованность рангов, присвоенных методам, что предполагает определенную стабильность их относительной эффективности в различных группах.

Однако, между методами наблюдались и существенные различия. XGBoost получил наивысший балл R2 в большинстве групп, что указывает на его превосходство с точки зрения точности прогнозирования. SVM и RF также показали хорошие результаты, тогда как ANN и SVM в некоторых случаях показали несколько худшие результаты (рис. 2).

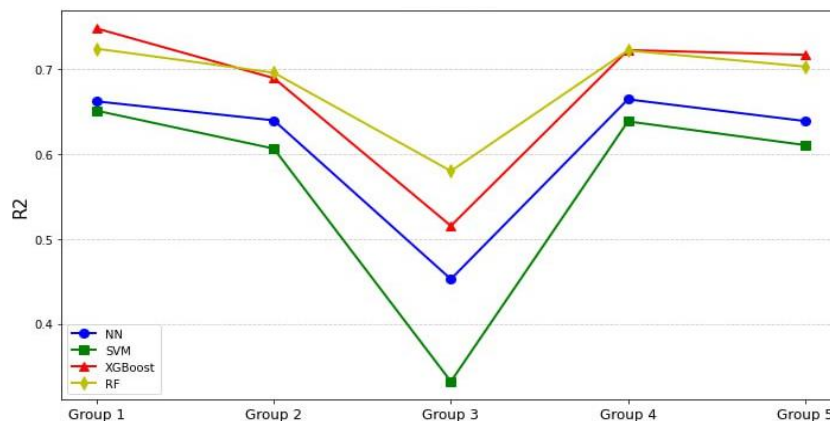


Рис. 2. Сравнение результатов прогнозирования коэффициента детерминации (R2) для каждой группы

Данное исследование подчеркивает важность применения и анализа не одного, а нескольких методов машинного обучения в области разведки полезных ископаемых и способствует более полной и точной оценке концентраций драгоценных металлов в месторождениях полезных ископаемых.

#### Список использованных источников

1. Ширшов С.А. Поисковые работы на золото и серебро в пределах Центрального рудного узла Канчалано-Амгуэмской рудной зоны (Чукотский АО) // Проектная документация. – Москва, 2020.
2. Carranza E.J.M. Analysis and mapping of geochemical anomalies using log ratio-transformed stream sediment data with censored values // Journal of Geochemical Exploration. – 2011. – V. 110. – P. 167–185. – doi: 10.1016/j.gexplo.2011.05.007.
3. Ibrahim B., Majeed F., Ewusi A., & Ahenkorah I. Residual geochemical gold grade prediction using extreme gradient boosting // Environmental Challenges. – 2022. – V. 6. – <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100421>.
4. James G., Witten D., Hastie T., & Tibshirani R. An Introduction to Statistical Learning // Springer. – 2013.
5. Pearson R.K. Outliers in process modeling and identification // IEEE Transactions on Control Systems Technology. – 2002. – V. 10(1). – P. 55–63. – Doi: 10.1109/87.974338.

## РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ УЧАСТКА ПОДГОТОВКИ И ХРАНЕНИЯ ПРЕСС-ПОРОШКА

Смирнов Л.Ю.<sup>1</sup>, Сизов С.И.<sup>2</sup>, Ефремов Е.В.<sup>3</sup>, Фейгин А.И.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, ИЯИШ, гр. 0701, lys9@tpu.ru

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, ИЯИШ, инженер-исследователь, sis17@tpu.ru

<sup>3</sup>Томский политехнический университет, ИЯИШ, доцент, efremov@tpu.ru

<sup>4</sup>АО «Прорыв», и.о. начальника отдела ИТ, feygin-ai@mail.ru

### Введение

В современной промышленности программное моделирование технологических процессов является необходимым инструментом. Оно позволяет оптимизировать производственные процессы, снизить издержки на проектирование и модернизацию производства, а также повысить качество продукции и улучшить эффективность управления производством. В рамках проекта «Прорыв», реализуемого госкорпорацией Росатом, сотрудниками ТПУ разрабатывается цифровой двойник модуля фабрикаци-рефабрикаци ядерного топлива (ЦД МФР). Он предназначен для моделирования технологических процессов замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ). Одним из таких процессов является усреднение. Настоящая работа посвящена созданию соответствующего программного блока в ЦД МФР.

### Описание модели

Ключевым процессом в моделируемом участке является процесс усреднения [1] ядерного топлива, который протекает в специальной установке – усреднителе [2], на участке усреднения протекают и другие процессы: временное хранение, перемещение порошка между установками участка, внесение добавки в усредненный порошок, смешение порошка с добавкой (в усреднителе), пробоотбор и лабораторный анализ порошков, а также процессы граничащих с участком: гранулирование (перед усреднением), прессование (после усреднения).

Разработанная модель позволяет решать следующие задачи:

- оценка риска производства некачественной продукции;
- управление ресурсами (расчет удельного потребления ресурсов);
- определение времени до начала планово-предупредительных работ (ППР);
- определение и визуализация показателей, характеризующих работу участка, обработка и представление полученной информации для персонала.

Для создания ЦД моделируемого участка была разработана математическая модель процесса усреднения. На ее вход поступают данные о гранулометрическом составе порошка с выхода модели гранулирования, а выходными данными модели усреднения являются данные о степени смешения порошка. Параметрами модели являются частота вращения барабана усреднителя и время усреднения.

Так как топливный порошок состоит из двух компонентов, о качестве смеси судят по степени распределения одного (ключевого) компонента в объеме второго компонента. В качестве основы критерия оценки качества смеси принято среднее квадратическое отклонение содержания в пробах, взятых из смеси [3].

Программа, реализующая модель участка, была написана на языке программирования C++ с использованием фреймворка Qt [4]. Для того, чтобы реализовать вышеуказанный функционал модели, была сформирована система классов, представляющих каждый объект участка и обладающих определенными методами и свойствами. В диаграмме (рис. 1) присутствуют следующие основные элементы: «Operation» – базовый класс для операций участка, классы-наследники: «Averaging», «Probe» (пробоотбор), «Granulating» (гранулирование), «Press» (прессование), «Storage» (хранилище) – эти классы переопределяют работу некоторых методов отцовского класса в соответствии с моделью этого процесса, класс «Manipulator» (манипулятор), перемещающий продукты с одной операции на другую, класс «Container» (контейнер), в котором порошок со своими данными перемещается по участку между установками, класс «Batch» (партия) для хранения характеристик пресс-порошка.

Работа модели участка происходит следующим образом: создаются все существующие объекты и установки участка усреднения, выполняется установка атрибутов объектов значений, предусмотренных начальными условиями, запускается цикл по времени, в рамках которого осуществляется ряд следующих проверок, связанных с ходом времени, в результате которых состояние системы обновляется:

- проверка всех объектов на факт завершения выполнения текущей операции;

- проверка всех объектов на необходимость проведения ППР;
- проверка всех объектов на факт окончания проведения ППР.

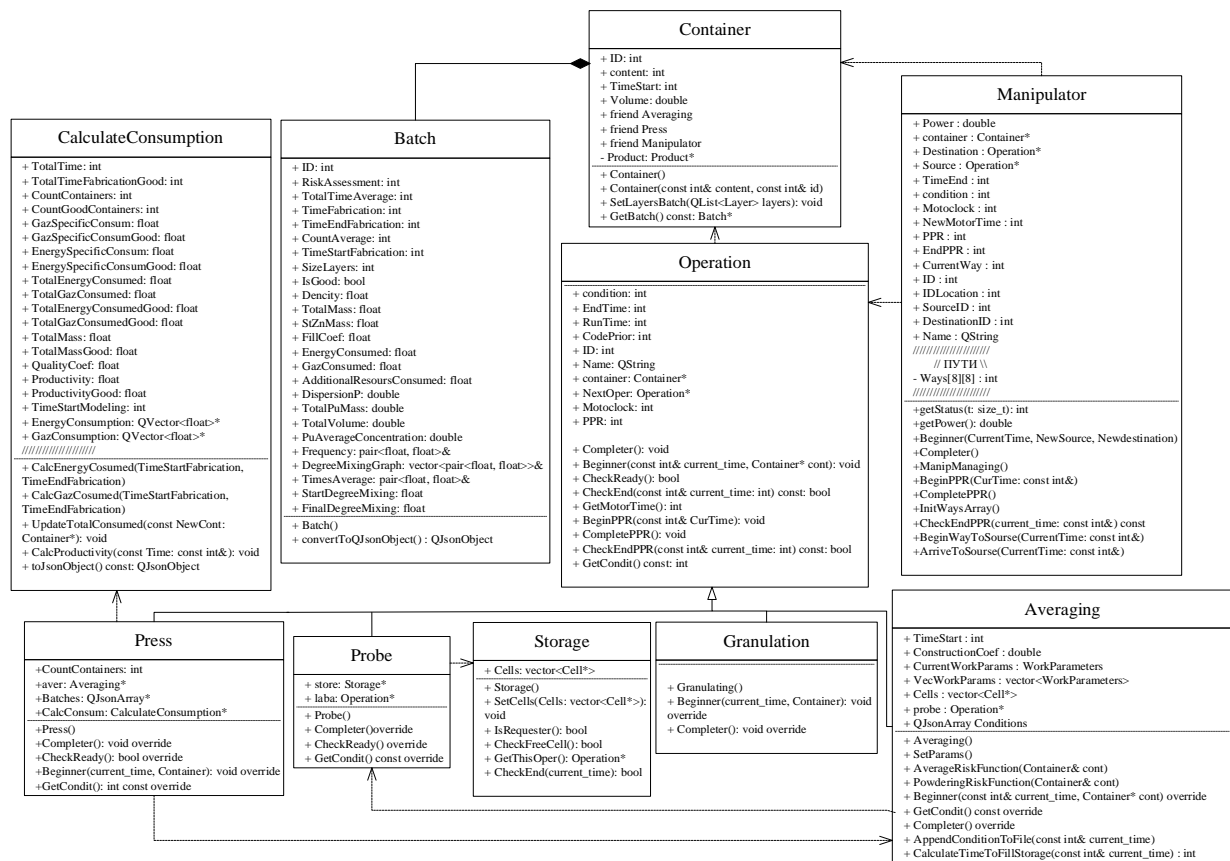


Рис. 1. UML-диаграммы разработанных классов

Далее следует проверка состояния манипулятора. Если его состояние поменялось и манипулятор не занят, то запускается алгоритм управления манипулятором, результатом работы которого является выезд манипулятора к установке, требующей забрать контейнер, если такая есть. Иначе манипулятор будет простаивать, ожидая выполнения данного условия. В конце итерации расчетного цикла осуществляется дополнение выходных файлов текущей информацией о состоянии системы.

Алгоритм работы программы при прохождении производственного цикла следующий: гранулятор наполнил контейнер, данные по составу и параметрам гранулята записались в контейнер, установка переходит в состояние ожидания манипулятора, манипулятор с помощью алгоритма выбрал установку гранулирования для забора у неё контейнера и перешел в состояние работы, когда манипулятор прибыл к гранулятору и забрал контейнер, последний переходит в состояние простаивания. Когда манипулятор привез контейнер на установку усреднения, она перешла в состояние работы, а манипулятор – простаивания, происходит вызов модели усреднителя. Так как поступивший гранулят находится на стадии не усредненного гранулята, вызывается модель усреднения, которая преобразовывает данные о грануляте и создает новые, и сохраняет их в структуре Batch. По завершению работы установки усреднения происходит перемещение контейнера в пробоотборник, где берется проба и отправляется в лабораторию для анализа, длящегося некоторое время. После взятия пробы контейнер попадает на склад, где ожидает завершения анализа. При положительном результате анализа контейнер перемещается на установку добавления стеарата цинка, далее контейнер вновь попадает в установку усреднения, где вызывается модель смешения со стеаратом цинка, которая преобразовывает данные о грануляте и создает новые, и сохраняет их в структуре Batch. После этого контейнер перемещается в ячейку хранилища, где ожидает результата анализа. Когда лаборатория выдает положительный результат, контейнер перемещается на установку прессования, в случае отрицательного результата анализа, контейнер отправляется туда же, но с пометкой «брак», в случае с усредненным гранулятом происходит то же самое. Установка прессования является конечным пунктом в алгоритме работы программы, в ней происходит

расчёт расходов ресурсов, затраченных на производство продукта, расчет коэффициента эффективности производства и других данных, а также запись данных в выходной json-файл. Далее контейнер очищается и перемещается на установку гранулирования и алгоритм повторяется в отношении данного контейнера вплоть до истечения времени моделирования. Разработанный алгоритм работы модели участка прессования представлен на рис. 2.

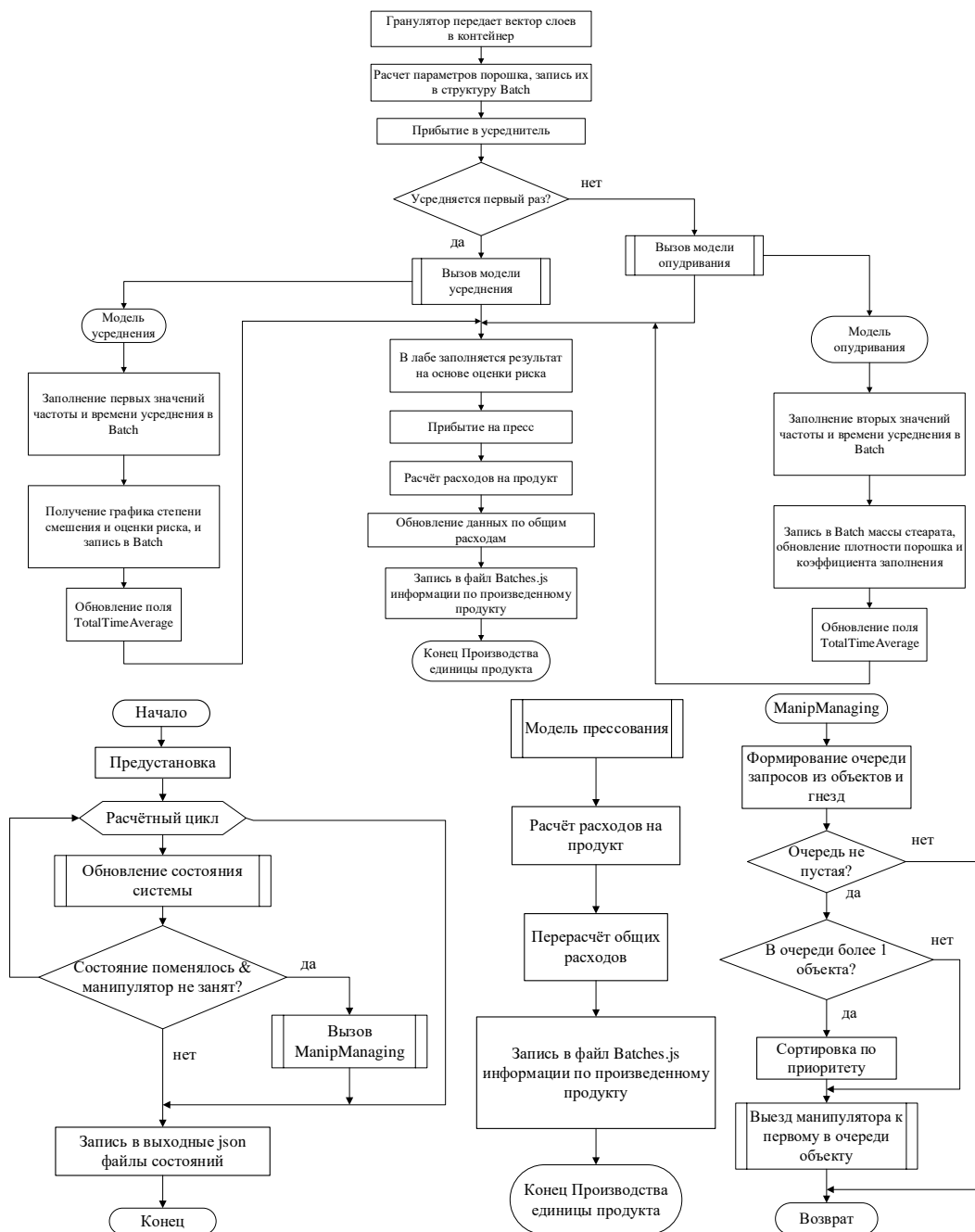


Рис. 2. Схема алгоритма программы

В результате работы программа генерирует файлы, содержащие состояния производственного участка и произведенные продукты с их характеристиками.

Ниже приведены диаграммы, иллюстрирующие результаты моделирования, среди них: общая масса произведённого продукта в зависимости от количества партий продукта, график работы оборудования, диаграмма доли качественного продукта, диаграмма потребленных ресурсов на произведенные партии продукта.

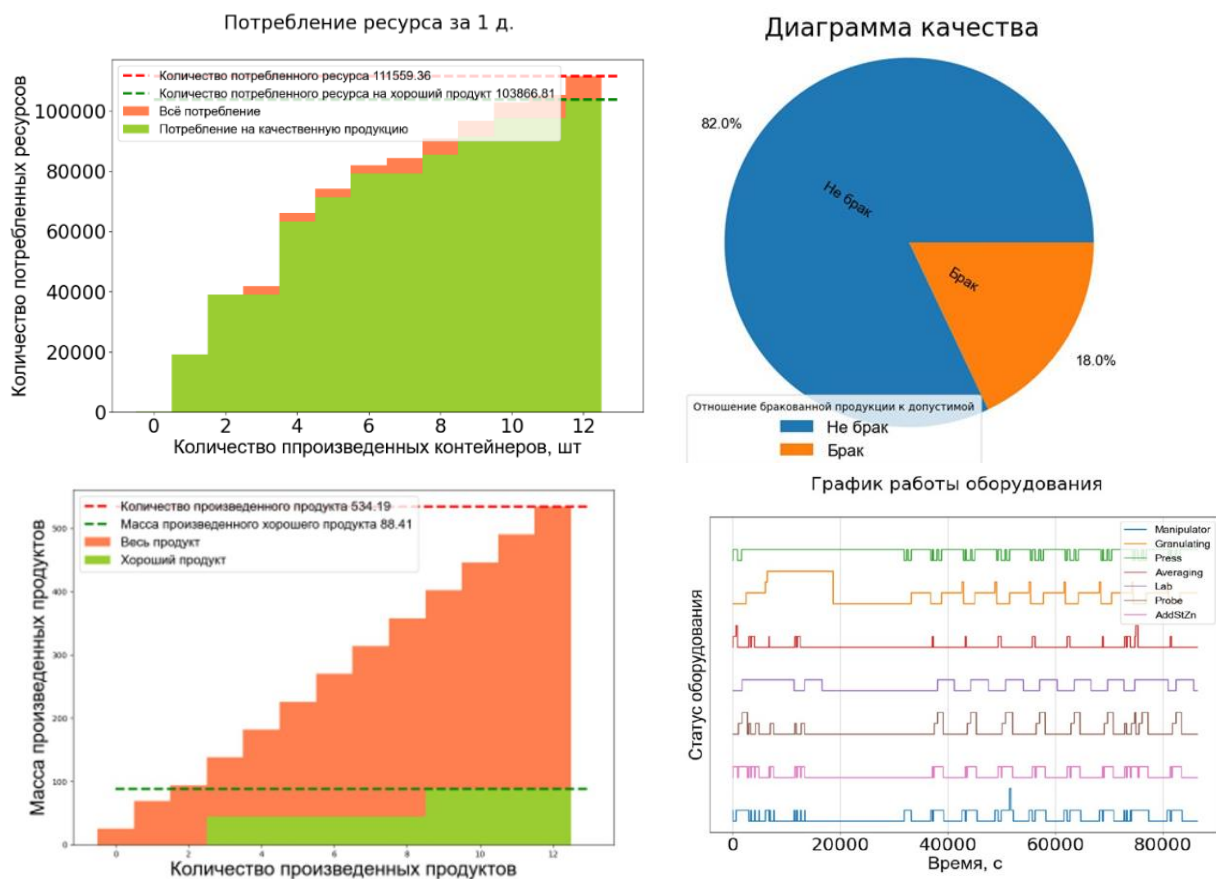


Рис. 3. Результаты моделирования работы участка усреднения

Так, из графика работы оборудования видно, что чаще всего ожидает манипулятора установка пробоотбора, это позволяет сформулировать предположение о том, что использование двух подобных установок позволит достигнуть режима работы с меньшим суммарным временем простоя.

## Заключение

В результате работы была разработана модель имитации работы участка усреднения. Полученные в данной работе результаты предоставляют возможность оптимизации операций в производственных процессах и повышения эффективности деятельности промышленных предприятий, применяющих аналогичное оборудование.

## Список использованных источников

1. Патент RU 2 772 886 Баранов О.Г., Карпенко А.А., Апальков Г.А., Ильиных Ю.С., Никитин С.С., Бычков И.С. Способ изготовления таблетированного уран-плутониевого топлива для тепловыделяющих элементов ядерных реакторов. – Текст : электронный. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2785819C1/ru>.
2. Глушенков А.Е., Давыдов А.В., Чамовских Ю.В., Шкурин П.А., Сергеев Н.Г. Смирнов В.П., Павлов С.В., Денисов А.Л., Renard F., Reunaud V. Особенности проектирования, изготовления и внедрения лабораторного и промышленного оборудования для фабрикации таблеток МОКС и нитридного топлива в РФ. – Текст : электронный. – URL: <https://sosny.ru/files/publications/Nitride%20Fuel%20Pellets.pdf>.
3. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. – М. : Машиностроение, 1973. – 216 с.
4. Шамаев С.Ю., Черноусова А.М. Применение объектно-ориентированных технологий при моделировании высокоавтоматизированных производственных систем. – 2012.
5. Патент RU 2772886 Баранов О.Г., Карпенко А. А., Апальков Г.А., Ильиных Ю.С., Никитин С.С., Бычков И.С. Способ изготовления таблетированного уран-плутониевого топлива для тепловыделяющих элементов ядерных реакторов. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2785819C1/ru> (дата обращения 25.09.2023).

## РОБОТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

*Агеева Н.А.*

*Томский политехнический университет, отделение информационных технологий ИШИТР,  
6ВМ31ПИШ, e-mail: naa8@tpu.ru*

### **Введение**

В 2023 году уже никто не сомневается, что цифровая трансформация — это основа долгосрочного развития любой компании. На основании исследования, проведенного компанией UiPath в 2018 году, в среднем, на предприятии – 81 % физической работы, 69 % обработки данных и 64 % операций по сбору данных – реально автоматизировать. А любая автоматизация позволит рассмотреть применение в процессе частичной или полной роботизации: Robotic Process Automation (RPA) – это передовой тренд на рынке.

Несмотря на все возможности и идеи оптимизации, многие организации не решаются на этот шаг.

### **Описание**

В рамках рабочей деятельности, была проведена оценка возможности применения вариантов решений систем локальной роботизации процессов. Программная роботизация представляет собой программное обеспечение (далее по тексту – ПО), позволяющее передать все или почти все действия, совершаемые в бизнес-процессе, так называемому роботу. Для такого вида оптимизации подходит большинство процессов, в которых присутствуют часто повторяющиеся алгоритмизируемые операции, которые занимают у сотрудников много времени и приводят к выгоранию на рабочих местах (монотонные работы).

За время опытного использования, были рассмотрены многие решения – функционал проанализировали, рассмотрели эффективность применения полученных решений, взвесили все «за» и «против».

Решения, о которых хотелось бы рассказать поподробнее: UiPath, RPAbot, Python:

1. Платформа UiPath, с 2018 года в течении трех лет, занимала первое место по результатам рейтинга в отчете Gartner — одного из самых авторитетных аналитических агентств, которые специализируются на изучении рынков информационных технологий. Знакомство с «роботизацией» было начато с данного решения. Выбранное ПО было рассмотрено в части «тестовой» версии и применено для возможности:

- внесения информации в системы;
- выгрузки отчетности из разных систем.

Эффективность применения данного решения в том, что система работает с помощью интуитивно понятных графических инструментов и встроенных функций (Low-code), без особых навыков можно сделать роботизацию процесса, выделяя поэтапно, последовательность и принцип необходимого взаимодействия. UiPath умеет работать с десктоп приложениями, веб приложениями, умеет отправлять почту и работать с процессами.

Однако при эксплуатации был выявлен ряд ограничений в части:

- функциональности – система UiPath позиционируется как платформа для автоматизации рутинных задач на основе простой логики, но фактически функционал системы не предоставляет достаточный набор техник и инструментов, которые необходимы для проработки сложных проектов;
- стоимости – данное решение предлагает бесплатные лицензии для начинающих, но большинство функций доступны именно при подписке, что может быть довольно накладно;
- отсутствия поддержки искусственного интеллекта: в отличие от других платформ RPA, таких как Automation Anywhere или Blue Prism, данная система не поддерживает обработку естественного языка и машинное обучение, что является весомым фактором при выборе платформы (в связи с дополнительными возможностями, предоставляемыми ИИ);
- зависимости от собственных продуктов, что делает решение менее гибким и открытым для интеграции с другими системами;
- минимальной совместимости с другими программами и системами.



В любом случае, в части применения данного решения, при расчете эффективности было выявлено, что в общем, решение позволяло выявить эффективность около 300 человеко-часов в месяц.

2. В дальнейшем, при оценке вариантов перехода на импортозамещенное решение, при поиске возможности более гибкой системы для работы, было рассмотрено решение: RPAbot от BizApps.

В части эффективности система работала на простых проектах так же, как и ранее исследованное решение, однако функциональность программного обеспечения в части встроенных функций – уже.

Данное ПО входит в реестр Российского ПО, для возможности использования данного решения, была приобретена лицензия. Система была эффективно применена в части применения в таких процессах, как:

- внесение информации в систему;
- выгрузка отчетности;
- взаимодействие с web-системами.

В основе данного инструмента лежат технологии: управления открытыми web-страницами браузера; управление мышью и клавиатурой (нажатие клавиш, кнопок мыши, перемещение курсора); поиск графических элементов на экране рабочего стола для применения дальнейших действий мышью и/или клавиатурой;

Основные выявленные «минусы» применения данного решения:

- необходимость обучения: для эффективного использования RPABot требуется обучение и понимание принципов работы системы;

- технические ограничения функциональности платформы, учитывая, что в графическом интерфейсе можно создать – только элементарные скрипты роботизации;

- поддержка работоспособности только на платформе BizApps, что ограничивает его интеграцию с другими системами и приложениями;

- решение сложно интегрируется с другими системами и требует применения значительных усилий для этого;

- данное ПО – может снижать производительность системы, особенно при выполнении большого количества операций и при запуске сессий для нескольких пользователей.

- при реализации решения для применения на более серьезных задачах, требуется написание дополнительного программного кода. В данном случае – нагрузка будет ложиться на программиста. В этом случае, сделать работа без знания языка (например С#) может быть сложно. No-code у данного ПО – закрывает лишь очень примитивные действия. По итогу получается, что для более глубокой роботизации процесса, навыков работы обычного специалиста может быть недостаточно. Проблема данного вида ПО в том, что разработка требует большого количества ресурсов и сложно поддерживается. Как только увольняется программист, написавший работа, могут возникнуть проблемы в части сопровождения и поддержания работоспособности.

В общем на данном решении, одновременно получилось настроить около 8 процессов. Посчитанный эффект был оценен в 150 человеко-часов в месяц.

3. С середины 2022 года, параллельно работе с ранее описанными платформами, была запущена работа над проектами по роботизации, с помощью языка программирования Python.

Данный способ роботизации был рассмотрен для реализации решений в части:

- разработки и настройки чат-ботов;
- взаимодействия с различными веб-сервисами для внесения информации;
- распознавания информации из pdf-файлов;
- обработки файлов и приведение к необходимому виду.

Использование данного решения – позволило применять лучшие существующие Python библиотеки, благодаря которым и появилась возможность реализации необходимого инструментария RPA платформы.

Перечень ключевых используемых библиотек:

- pandas и NumPy – для обработки и анализа данных;
- aiogram – для работы с Telegram;
- selenium – автоматизация рутинных и повторяющихся задач, таких как заполнение форм, сбор данных с веб-сайтов, мониторинг рынка и конкурентов;

- Tkinter или PyQt – для создания графических пользовательских интерфейсов. Благодаря этим инструментам, есть возможность создания простых и интуитивно понятных интерфейсов для бизнес-приложений.

Выявленные плюсы применения решения, при роботизации:

- возможность работы с гибким и эффективным инструментом;
- популярный и простой в изучении язык программирования, который позволяет быстро создавать программы и алгоритмы;
- высокая производительность и работа с большим объемом данных;
- возможность создания систем машинного обучения и искусственного интеллекта;
- Python и большая часть библиотек – поставляется как приложение с открытым исходным кодом, что позволяет свободно использовать решение для своих целей;
- отсутствует привязка к операционной системе. Ранее рассматриваемые платформы: Rbot и Uipath полноценно могут работать с ОС Windows что в свою очередь накладывает дополнительные ограничения на пути «импортозамещения»;

Из минусов можно выделить, что несмотря на всё:

- некоторые библиотеки и инструменты могут быть сложными в использовании;
- Python может требовать больше времени на выполнение задач, чем некоторые другие языки программирования;
- Python не всегда подходит для создания высокопроизводительных приложений;
- при прочих равных Python не так хорошо работает с многопоточностью в сравнении с прочими языками программирования высокого уровня (C++, Java).

Как итог, можно сказать, что да, данное решение не является No-code, однако реализованные продукты, благодаря единообразию логики и языка разработки, будут доступны к сопровождению любым специалистом, знающим язык. Например, при кадровой смене будет отсутствовать необходимость дополнительного обучения для работы со специализированным ПО. На текущий момент решение позволило в месяц высвободить около 340 человеко-часов в месяц.

## **Заключение**

Современный мир IT сегодня настолько открыт для всего, что даже сложно представить, что до сих пор существуют ситуации, когда применяется только один вид программного обеспечения для поиска и решения задач.

Хотелось бы верить, что скоро, любая компания будет понимать и осознавать, что такое RPA и какие плюсы от применения решений – можно получить.

Но в любом случае, важно помнить, что с вводом в эксплуатацию робота – следует оценивать и планировать его замену более надежной автоматизацией. Если к этому не готовиться, то технологический долг неконтролируемо нарастает, и в итоге это может привести к тому, что ИТ-служба перестанет справляться с поддержкой армии роботов.

# РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА СМЕШЕНИЯ ПОРОШКА СО СТЕАРАТОМ ЦИНКА

Хохленков М.Е.<sup>1</sup>, Сизов С.И.<sup>2</sup>, Ефремов Е.В.<sup>3</sup>, Фейгин А.И.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа ядерных технологий (ИЯТШ), гр. 0701, email: meh2@tpu.ru

<sup>2</sup>ТПУ, ИЯТШ, инженер-исследователь, email: sis17@tpu.ru;

<sup>3</sup>ТПУ, ИЯТШ, доцент, email: efremov@tpu.ru;

<sup>4</sup>АО «Прорыв», и.о. начальника отдела ИТ, email: feygin-ai@mail.ru

## Введение

Современные технологии позволяют создавать виртуальные модели производственных систем, что дает возможность выбирать оптимальные режимы работы и проводить эксперименты без риска повреждения оборудования. Это также позволяет оптимизировать износ и вероятность выхода из строя элементов системы.

В рамках проекта «Прорыв», реализуемого госкорпорацией «Росатом», сотрудниками Отделения ядерно-топливного цикла ТПУ разрабатывается программный комплекс «Код оптимизации и диагностики технологических процессов (КОД ТП)». Код предназначен для имитации работы технологических схем замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ) с целью исследования работоспособности, управляемости и оптимизации как отдельных процессов, узлов и установок, так и технологических схем в целом.

Одним из технологических процессов ЗЯТЦ является перемешивание смешанного нитридного уран-плутониевого топлива (СНУП-топливо) со стеаратом цинка. Поэтому возникла необходимость создания в КОД ТП модуля имитации процесса смешивания порошка со стеаратом цинка.

Смешивание со стеаратом цинка происходит в аппарате усреднения (рис. 1). В аппарат с усреднённым гранулятом добавляется необходимое количество стеарата цинка, который является пластификатором в процессе дальнейшего спекания таблеток. Установка приводится во вращение и происходит перемешивание гранулята с частицами стеарата цинка, а также их прилипание к гранулам. На выходе получается пресс-порошок, из которого впоследствии изготавливают топливные таблетки.



Рис. 1. Смешивание со стеаратом цинка в схеме фабрикации СНУП-топлива

## Модель процесса смешения со стеаратом

Анализ литературы [1–4] показал, что при математическом описании процессов перемешивания обычно в качестве входных выбираются размеры частиц, их массовые доли, параметры установки (размер, скорость вращения и т. д.), а в качестве выходных – коэффициент налипания/смешения. Поэтому при создании модели процесса производства пресс-порошка в качестве входных были выбраны (рис. 2): частота вращения контейнера ( $f$ ), размеры гранул ( $d_1...d_k$ ), относительные доли их содержания в грануляте ( $n_1...n_k$ ), размеры частиц стеарата цинка ( $d_{1c}...d_{kc}$ ), относительные доли их содержания ( $n_{1c}...n_{kc}$ ), плотность гранулы ( $\rho$ ), плотность частицы стеарата цинка ( $\rho_c$ ), конструктивный коэффициент установки ( $k$ ), а в качестве выходной – коэффициент налипания  $K_n$ , который численно равен отношению площади гранул, покрытых частицами стеарата цинка к общей площади гранул.



Рис. 2. Информационная схема модели процесса смешивания со стеаратом цинка

В качестве основы было принято взять ранее разработанную и внедренную в КОД ТП модель процесса усреднения, дополнив ее следующими соотношениями.

На основании [2, 6] расчет коэффициента налипания  $K_H$  производится по формуле:

$$K_H = \frac{S_{\text{нал.}}}{S_{\text{общ.}}} = \left( \left( \frac{W_{\text{действ.}}}{W_{\text{необх.}}} \right) \left( \frac{1}{1 + e^{k \left( \frac{W_{\text{действ.}}}{W_{\text{необх.}}} - 1 \right)}} \right) \right) (1 - e^{-\alpha t}), \quad (1)$$

где  $S_{\text{нал}}$  – площадь гранулята, покрытая стеаратом цинка;

$S_{\text{нал}}$  – площадь гранулята;

$W_{\text{необх.}}$  – массовая доля стеарата цинка, необходимая для полного покрытия гранулята;

$W_{\text{действ.}}$  – массовая доля стеарата цинка, фактически добавленная в аппарат;

$k$  – конструктивный коэффициент;

$\alpha$  – константа скорости смешения.

Для расчёта массовой доли стеарата цинка, необходимой для покрытия всех гранул частицами стеарата цинка было решено воспользоваться формулой [3, 5]:

$$w = \frac{N \cdot d^3 \cdot \rho_{\text{ст.}}}{D^3 \cdot \rho_{\text{гр.}} + N \cdot d^3 \cdot \rho_{\text{ст.}}}, \quad (2)$$

где  $N$  – количество частиц стеарата цинка, необходимое для покрытия одной гранулы;

$D$  – диаметр частиц гранулята;

$d$  – диаметр частиц стеарата цинка;

$\rho_{\text{гр.}}$  – плотность гранулы;

$\rho_{\text{ст.}}$  – плотность частицы стеарата цинка.

Для расчёта количества частиц стеарата, покрывающих одну гранулу, было решено воспользоваться формулой, отражающей зависимость количества частиц стеарата цинка от размерности гранулы и частиц стеарата цинка.

$$N = \frac{4(D+d)^2}{d^2}, \quad (3)$$

где  $D$  – диаметр частиц гранулята;

$d$  – диаметр частицы стеарата цинка;

$N$  – количество частиц стеарата цинка, находящихся в контакте с гранулой.

### Программная реализация

К моменту создания модели процесса смешения порошка со стеаратом цинка в программном комплексе КОД ТП уже была частично реализована модель работы аппарата усреднения. И она, и КОД ТП в целом были разработаны с использованием фреймворка Qt C++. По этим причинам именно это ПО было решено применить при программной реализации разрабатываемой модели. А так как и усреднение гранулята, и его смешение со стеаратом цинка производится в одном и том же технологическом аппарате, то рациональным являлось реализовать модель смешения, модернизировав существующую модель усреднения.

Для этого в нее был введен класс «AddStZn» (см. рис. 3, а), который определяет статус операции смешивания со стеаратом. Кроме того, был дополнен класс «Averaging», отвечающий за расчёт процесса усреднения. В него вошли методы, позволяющие производить расчёт среднего диаметра частиц, расчёт коэффициента налипания и расчёт риска производства некачественного гранулята. Также был дополнен класс «Batch», в котором хранится информация о партиях продукта. Были добавлены поля ввода данных о пресс-порошке, получаемом после процесса смешивания со стеаратом цинка.

Алгоритм работы программы при прохождении производственного цикла следующий: после завершения процесса усреднения, происходит перемещение контейнера в пробоотборник, где берётся проба и отправляется на анализ в лабораторию. В случае положительного результата контейнер перемещается обратно в установку усреднения. Вызывается модель смешения со стеаратом цинка, в которой вычисляются входные параметры и запускается цикл расчёта коэффициента налипания. Текущие данные о состоянии продукта записываются в структуре Batch, в которой хранятся характеристики

пресс-порошка. После смешивания со стеаратом берётся проба и отправляется на анализ в лабораторию. После получения положительного результата, контейнер отправляется дальше по технологической линии.

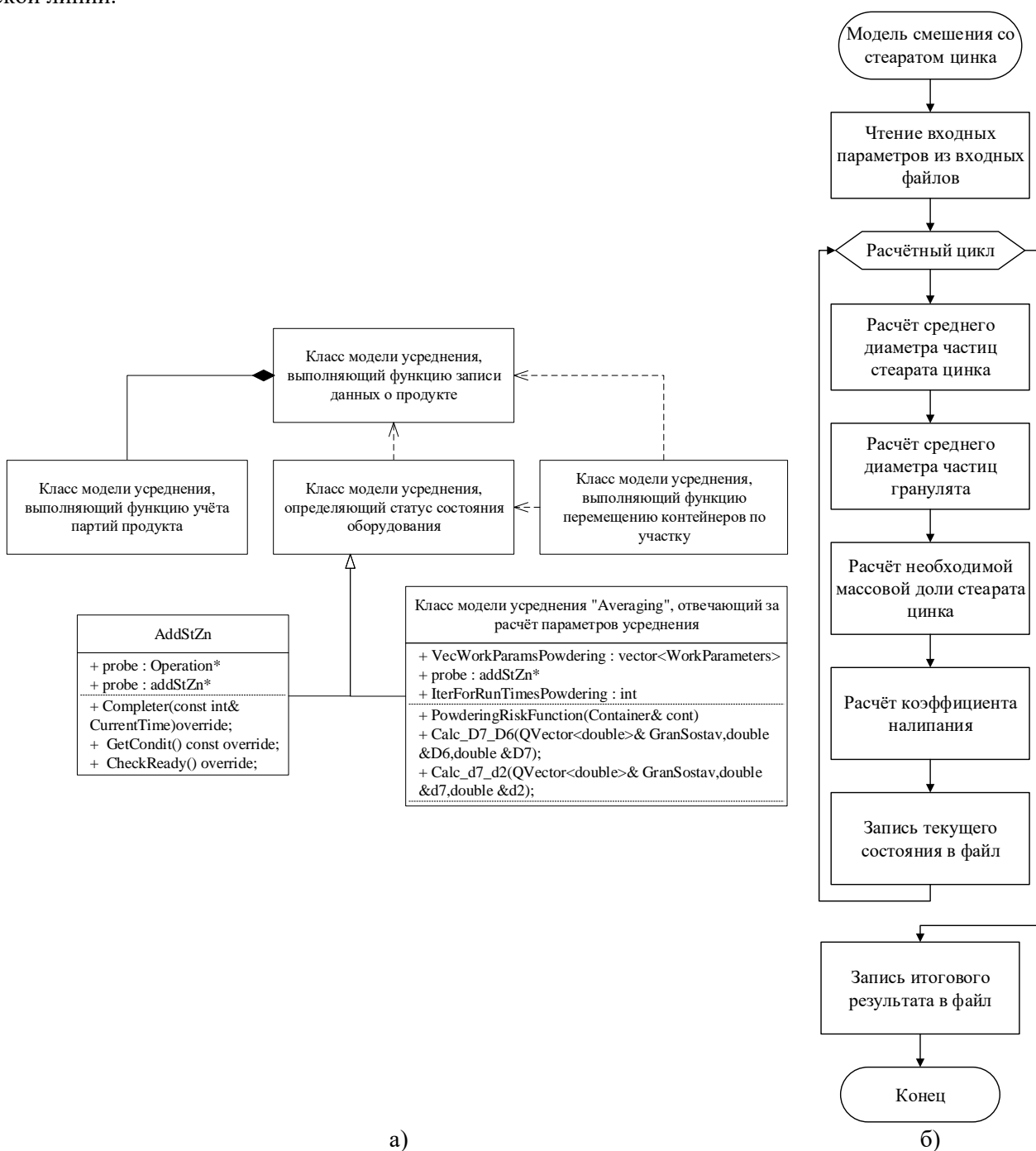


Рис. 3. Схема алгоритма модели смешения со стеаратом цинка

Для расчёта коэффициента налипания использовались входные параметры:

- постоянные (заданные пользователем; нельзя изменить во время работы);
- переменные (считываются из файла во время работы);
- параметры поступающего на смешение со стеаратом цинка продукта (параметры частиц гранулята).

Для тестирования программы были дополнены функции, которые выполняют экспорт данных о состоянии объектов системы в формате JSON и запись состояния объекта и сохранение его в файле в

формате JSON. В них были определены дополнительные поля для чтения и записи параметров смешивания со стеаратом.

Для визуальной оценки зависимости коэффициента налипания от времени, были построены графики при различных входных параметрах.

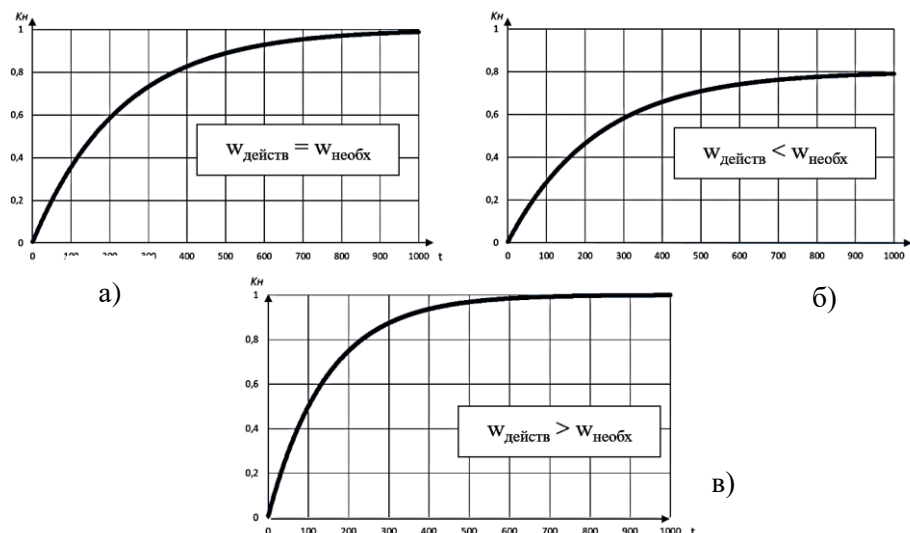


Рис. 4. Зависимость распределения размеров гранул от различных параметров

В случае, если действительная доля стеарата равнялась необходимой (рис. 4, а), значение коэффициента налипания стремилось к единице, поскольку частиц стеарата цинка достаточно для покрытия всех гранул. При уменьшении количества частиц стеарата цинка (рис. 4, б) не достигалось полное покрытия гранул, так как частиц стеарата недостаточно для их полного покрытия. Однако с течением времени все частицы стеарата цинка покрывали гранулы и коэффициент налипания принимал постоянное значение. При увеличении количества стеарата цинка (рис. 4, в) значение коэффициента налипания стремилось к единице, однако в данном случае процесс смешения протекал быстрее.

## Заключение

В результате проведенных исследований был проанализирован подход к описанию процесса смешивания со стеаратом, разработано математическое описание данного процесса, разработана модель имитации работы участка покрытия стеаратом цинка. Результаты данного исследования могут быть использованы для оптимизации производственных процессов и повышения эффективности работы промышленных предприятий, использующих похожие установки.

## Список использованных источников

1. Dry mixing and coating of powders. – Текст : электронный. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/45259158\\_Dry\\_mixing\\_and\\_coating\\_of\\_powders](https://www.researchgate.net/publication/45259158_Dry_mixing_and_coating_of_powders).
2. Modeling the mean interaction forces between powder particles. – Текст : электронный. – URL: <https://hal.science/hal-00409939/document>.
3. Mechanical Methods for Dry Particle Coating Processes and Their Applications in Drug Delivery and Development // Recent Patents on Drug Delivery & Formulation. – 2010. V4. – № 1 – P. 58–81. .
4. Закономерности Измельчения и исчисления характеристик гранулометрического состава. – Текст : электронный. – URL: [https://www.studmed.ru/andreev-s-e-tovarov-v-v-perov-v-a-zakonomernosti-izmelcheniya-i-ischislenie-harakteristik-granulometricheskogo-sostava\\_b4187c5c6a0.html](https://www.studmed.ru/andreev-s-e-tovarov-v-v-perov-v-a-zakonomernosti-izmelcheniya-i-ischislenie-harakteristik-granulometricheskogo-sostava_b4187c5c6a0.html).
5. Functionalised particles using dry powder coating in pharmaceutical drug delivery: promises and challenges. – Текст : электронный. – URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/78896815.pdf>.
6. Dry Particle Coating for Improving the Flowability of Cohesive Powders. – Текст : электронный. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/228408784\\_Dry\\_Particle\\_Coating\\_for\\_Improving\\_the\\_Flowability\\_of\\_Cohesive\\_Powders](https://www.researchgate.net/publication/228408784_Dry_Particle_Coating_for_Improving_the_Flowability_of_Cohesive_Powders).

## РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ УЧАСТКА ГРАНУЛИРОВАНИЯ

Семенов Д.Ю.<sup>1</sup>, Сизов С.И.<sup>2</sup>, Ефремов Е.В.<sup>3</sup>, Фейгин А.И.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа ядерных технологий (ИЯТШ),  
зр. 0701, [dys12@tpu.ru](mailto:dys12@tpu.ru)

<sup>2</sup>ТПУ, ИЯТШ, инженер-исследователь, [sis17@tpu.ru](mailto:sis17@tpu.ru);

<sup>3</sup>ТПУ, ИЯТШ, доцент, [efremov@tpu.ru](mailto:efremov@tpu.ru);

<sup>4</sup>АО «Прорыв», и.о. начальника отдела ИТ, [fevgin-ai@mail.ru](mailto:fevgin-ai@mail.ru)

### Введение

Виртуальное моделирование в производстве, научных исследованиях, экономике, военной сфере и т. д. позволяет, например, найти оптимальные режимы работы оборудования, проводить виртуальные эксперименты без риска повреждения дорогостоящего оборудования, а также определять и оптимизировать износ и вероятность отказов в производственных процессах.

В рамках проекта «Прорыв» Государственной корпорации «Росатом» сотрудниками Отделения ядерно-топливного цикла ТПУ разрабатывается программный комплекс «Код оптимизации и диагностики технологических процессов (КОД ТП)». Этот комплекс предназначен для имитации работы технологических схем замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ) с целью исследования работоспособности, управляемости и оптимизации как отдельных процессов, узлов и установок, так и технологических схем в целом.

Одним из технологических процессов ЗЯТЦ (см. рис. 1) является гранулирование порошка смешанного нитридного уран-плутониевого топлива (СНУП-топлива) [1, 2]. Именно по этой причине возникла необходимость создания в КОД ТП модуля имитации процесса гранулирования.

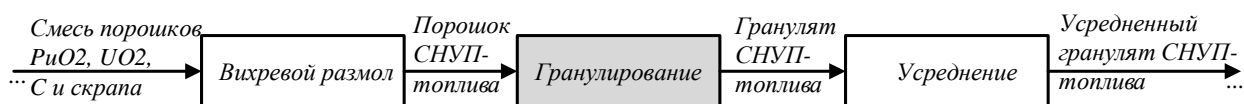


Рис. 1. Гранулирование в схеме фабрикации СНУП топлива

### Модель процесса гранулирования

Для поиска необходимого в ходе разработки модели распределения частиц гранулята по диаметрам можно воспользоваться распределением Свенсона [3–5]. Коэффициенты распределения задаются с помощью параметров работы установки.

$$f(d) = A e^{-\left(\frac{d}{d_0}\right)^c} \cdot \left(\frac{d}{d_0}\right)^{\left(\frac{\rho_{\text{гр}} n_{\text{ш}}}{k} - 1\right)}, \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр гранул;  $d_0$  – размер отверстий сетки гранулятора;  $\rho_{\text{гр}}$  – насыпная плотность гранулята;  $n_{\text{ш}}$  – частота вращения шнека;  $c^{-1}$ ,  $k$ ,  $A$  – параметры распределения.

Для вычисления коэффициента  $A$  необходимо провести нормировку:

$$A = \frac{1}{\int_0^{\infty} f(x) dx}. \quad (2)$$

### Описание алгоритма

Для программной реализации данной модели решено было использовать фреймворк QT C++, так как другие модули в КОД ТП к моменту создания модели уже были написаны с помощью упомянутого фреймворка. Процесс разбиения на классы был выполнен с учетом специфики данной модели.

Был введен класс Granulation, который описывает общий функционал установки гранулирования. Такое описание процесса гранулирования одним классом необходимо для упрощения интеграции модели в КОД ТП. Для этого класса был разработан набор методов, предназначенных для приема входных данных с установки вихревого размола и передачи данных установке усреднения.

Для передачи информации между установками о составе слоев материала был создан класс Powder. На его основе были созданы производные классы PowderGrinded и PowderGranulated, которые

описывают параметры слоя материала, принятого с установки вихревого размола, и установки гранулирования соответственно. Такое описание слоев материалов позволяет стандартизировать структуру хранения информации об исходном материале для использования разными установками.

Моделирование процесса гранулирования начинается с создания и инициализации всех задействованных переменных (см. рис. 2). Далее начинается основной программный цикл, в котором проверяется информация о контейнерах, поступивших с установки вихревого размола, и информация об изменениях настроек установки гранулирования. Затем вызывается метод обновления текущего состояния и метод записи результатов итерации в файл. После завершения основного расчетного цикла происходит запись в файл рассчитанных параметров эффективности процесса и потребления ресурсов.

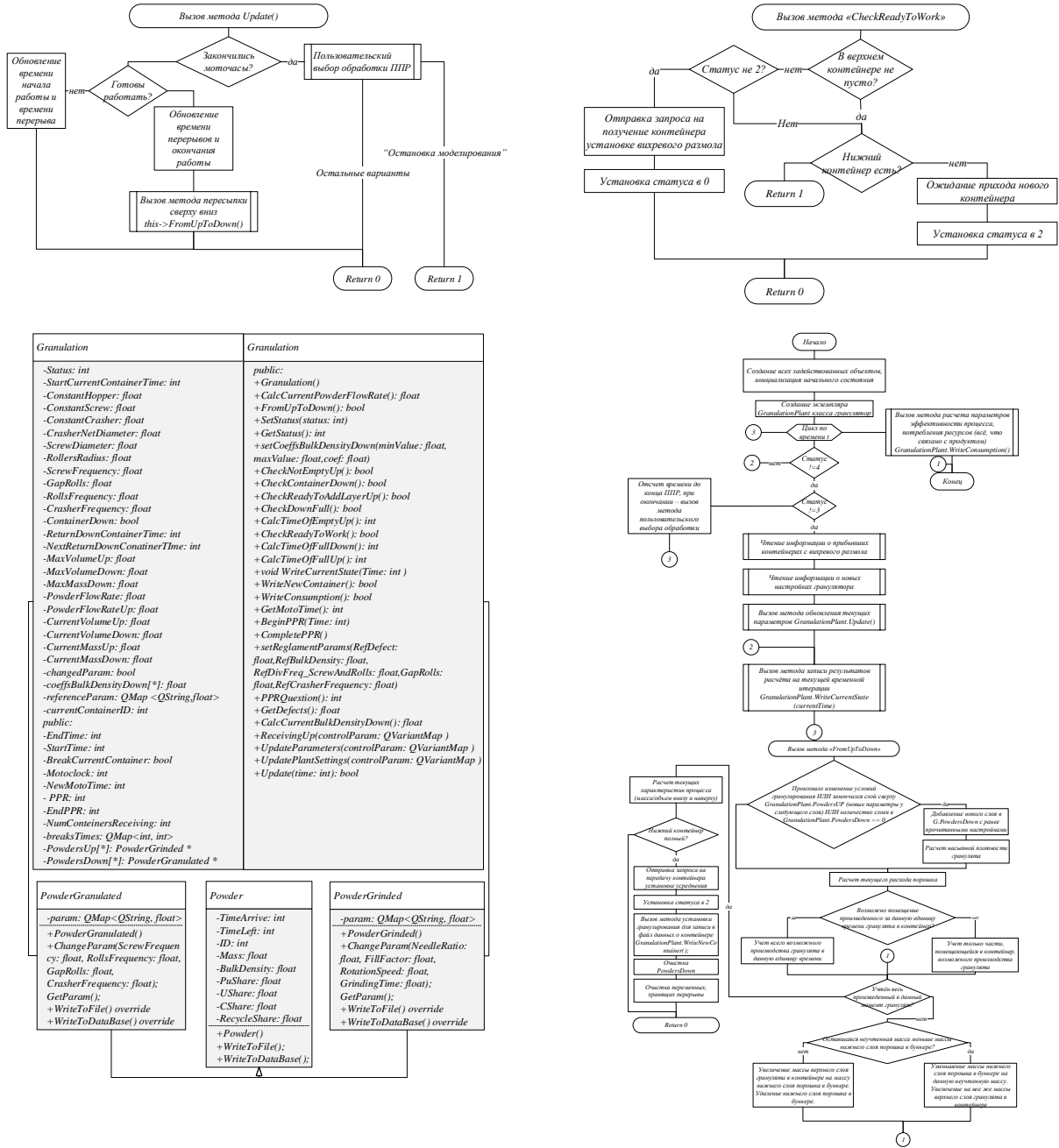


Рис. 2. UML-диаграммы разработанных классов и схемы алгоритма работы программы

Помимо указанного особенно важными для реализации модели участка гранулирования являются следующие методы.



Метод «Update» проверяет готовность установки к работе, осуществляет проверку необходимости проведения планово-предупредительного ремонта, фиксирует время начала работы, время окончания работы и перерывы в работе установки.

Метод «CheckReadyToWork» проверяет наполненность бункера установки, наличие контейнера снизу и выполняет проверку того, что он не наполнен полностью.

Метод «FromUpToDown» производит расчет текущего расхода порошка, который переводится в гранулят в контейнере. Затем выполняет расчет текущих характеристик процесса и проверяет наполненность нижнего контейнера. В случае его заполнения производится запись результатов производства данного контейнера в выходной файл и производится очистка переменных.

Разработанная модель позволяет пользователю изменять настройки параметров гранулирования в процессе работы. Для этого используются три входных файла: «Постоянные входные параметры установки.json», «Переменные входные параметры установки.json» и «Параметры приходящего порошка.json». Первый файл содержит настройки гранулятора, которые невозможно изменить в процессе работы установки, поскольку они сопровождаются непосредственным вмешательством в конструкцию установки. Второй файл содержит данные, изменение которых связано с изменением настроек гранулятора. Эти данные хранятся в виде массива, из которого производится чтение и изменение настроек при достижении заданного в этом массиве времени. Третий файл содержит информацию о порошке, содержащемся в контейнерах, поступающих с установки вихревого размола. Чтение данного файла осуществляется аналогично предыдущему файлу.

Выходные данные организованы таким образом, чтобы при обработке полученных результатов пользователь мог работать с готовыми массивами данных, содержащих зависимость характеристик гранул от характеристик используемого порошка и настроек гранулятора. Также выходные данные обеспечивают возможность проверки состояния системы в каждую расчетную итерацию, что необходимо для анализа работы реализуемого алгоритма установки гранулирования.

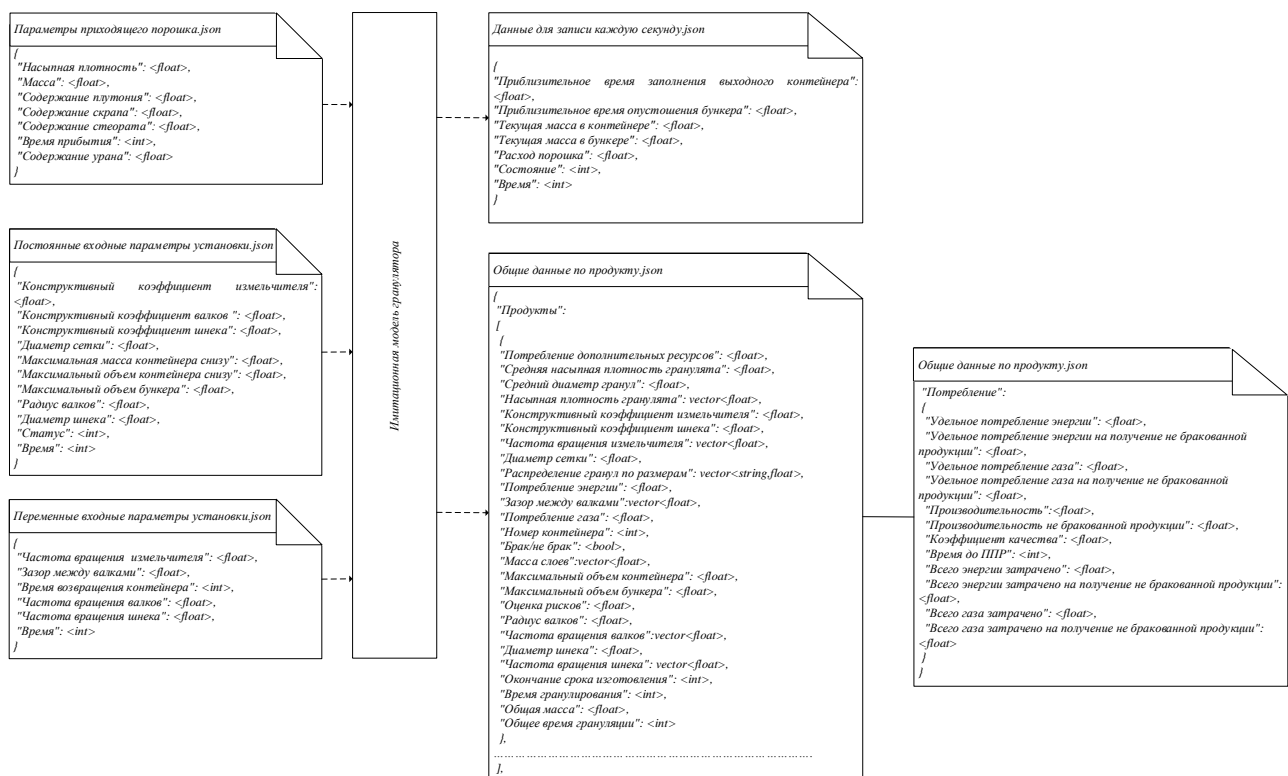


Рис. 3. Формат используемых данных

Для проверки работоспособности модели был сформирован набор входных данных (таблица 1).

## Тестовый набор данных

Зазор между валками	Частота вращения валков	Частота вращения шнека	Размер отверстий сетки	Насыпная плотность порошка	Частота вращения измельчителя
1,4...6 мм	1...15 об/мин	10...150 об/мин	450 мкм	4,5...5 г/см <sup>3</sup>	40...200 об/мин

При проведении моделирования были получены результаты, представленные на рис. 4.

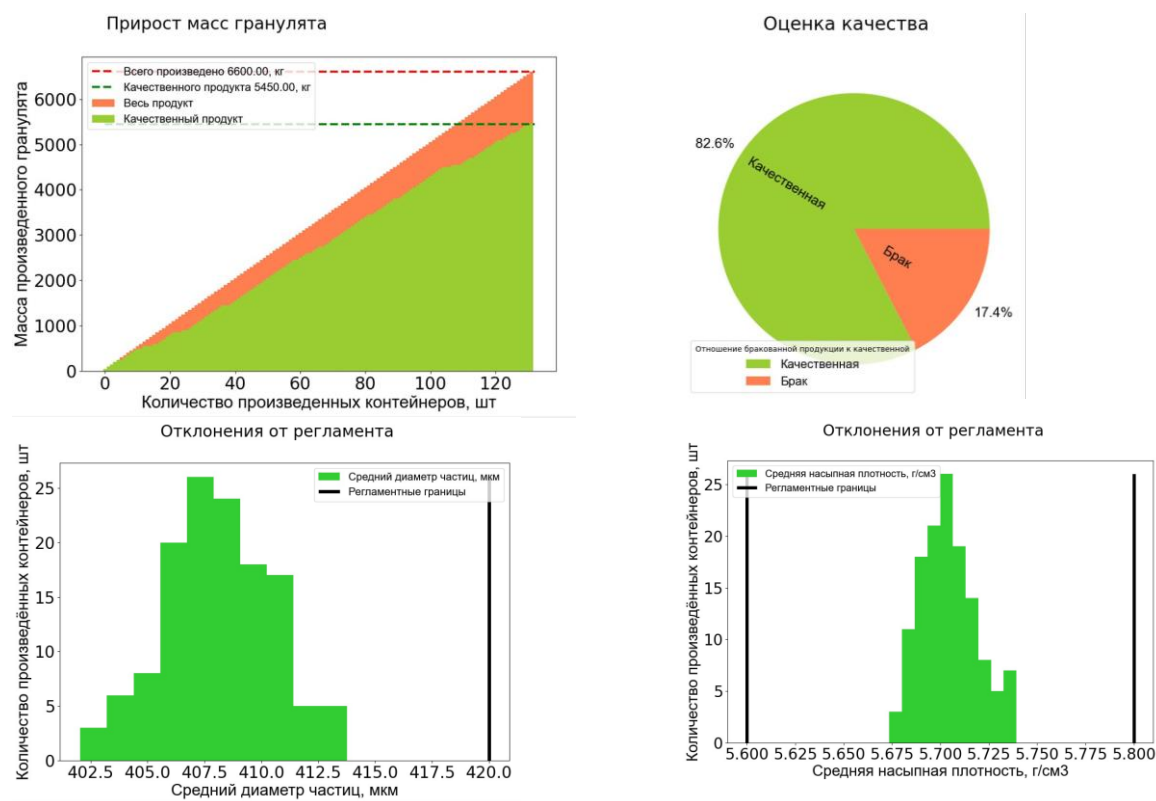


Рис. 4. Результаты моделирования

### Заключение

В результате проведенного исследования была разработана модель имитации работы участка гранулирования. Полученные в данной работе результаты предоставляют возможность оптимизации операций в производственных процессах и повышения эффективности деятельности промышленных предприятий, применяющих аналогичное оборудование.

### Список использованных источников

1. Патент RU2785819C1 Колупаев Д.Н., Баранов О.Г., Карпенко А.А., Рассагагин С.В., Падалкин П.А., Апальков Г.А., Никитин С.С. Способ изготовления таблеток смешанного оксидного уран-плутониевого топлива.
2. Патент RU 2772886 Баранов О.Г., Карпенко А.А., Апальков Г.А., Ильиных Ю.С., Никитин С.С., Бычков И.С. Способ изготовления таблетированного уран-плутониевого топлива для тепловыделяющих элементов ядерных реакторов.
3. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А. Закономерности измельчения и исчисление характеристик гранулометрического состава. – М. : Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1959. – 437 с.
4. Luke R. Schenck, Russell V. Plank Impact milling of pharmaceutical agglomerates in the wet and dry states // International Journal of Pharmaceutics. – 2008. Vol. – 348. – P. 18–26.
5. Ма Б.М. Материалы ядерных энергетических установок: Пер. с англ. Под редакцией Ю.Ф. Чернилина. – Москва : Энергоатомиздат, 1987. – 408 с.

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИЕЙ 6/10 КВ. ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

Белянин И.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,  
(кафедра прикладной информатики, информационных технологий, радио- и электротехники,  
зав.каф., доцент) e-mail: belyanin@blh.unn.ru

## Введение

Современное развитие инфраструктуры электроэнергетических сетей на уровне населенных пунктов и городских центров ведет к увеличению плотности нагрузок, что характеризуется большими единичными мощностями, активным ростом нагрузок во времени, большими трудностями в размещении новых распределительных сетей и модернизации существующих. В современных сетевых компаниях отсутствует единая политика построения распределительных сетей, что в свою очередь приводит к хаотичности развития городских сетей, а последний фактор ведет за собой усложнение их эксплуатации. Основные проблемы, с которыми сталкиваются сетевые компании, это дефицит мощности, высокие потери электроэнергии, низкая надежность распределительных сетей, рост годовых перерывов в электроснабжении. Указанные проблемы усложняются тем, что в сетях среднего напряжения отсутствуют какие-либо интеллектуальные автоматизированные системы управления и все оперативные переключения осуществляются вручную оперативным персоналом.

Если внимательно присмотреться к разработкам в области Smart Grid за последние десять лет как у нас в стране, так и за рубежом, то большинство из них были направлены на создание систем непрерывного мониторинга на базе измерений с последующей передачей информации через уровень автоматизированных систем управления (АСУ) на центральный пост для принятия дальнейших решений. Задачи создания технологических систем управления (ТСУ) для организации возможностей перетока мощности и автоматизированного управления в пределах одной подстанции являются задачей актуальной.

## Описание установки

Развитие цифровой электроэнергетики идёт в основном направлении по созданию высоковольтных подстанций с напряжением 110 кВ и выше. Это огромный пласт накопленных знаний и внедрений, подтверждённый государственными отраслевыми стандартами. Основными задачами таких внедрений является разработка АСУ ТП с поддержкой функции дистанционного контроля режимов работы оборудования и проведения переключений. При этом на первую роль вытекают задачи необходимости мониторинга параметров, полученных с помощью электронных измерительных трансформаторов тока и напряжения с устройствами релейной защиты и автоматики (РЗА) и, при необходимости, разработка технических решений и рекомендаций по реализации обмена информацией между устройствами РЗА и электронными измерительными трансформаторами тока и напряжения в соответствии со стандартом МЭК 61850-9.2. Следует отметить что эта глобальная задача успешно выполняется в России.

Другое не менее важное направление развития создание цифровых подстанций в области средних напряжений для питания конечных потребителей мощности. В этом направлении давно идут работы по созданию тиристорных и тиристорно-контактных установок для стабилизации и регулирования параметров электроэнергии. Это не менее перспективная задача особенно в условиях «слабых» сетей и в случаях необходимости стабилизации параметров на уровне оперативных переключений для организации перераспределения мощности. В Нижегородском государственном техническом университете им. Р.Е. Алексеева и Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского ведутся работы по созданию цифровых подстанций. В настоящее время реализовано два проекта тиристорных регуляторов для цифровых подстанций. Это трансформаторно-тиристорный регулятор напряжения и мощности с ключами однонаправленного тока (ТТРН ОТ) [1] и тиристорного регулятора величины и фазы вольтодобавочного напряжения (ТРВДН) [2].

Трансформаторно-тиристорный регулятор напряжения и выполнен на трансформаторе с расщепленными обмотками высокого напряжения. В расщепленных обмотках высокого напряжения включены тиристорные контакторы (рис. 1). Такое включение позволяет ограничить величины токовых перегрузок в коммутационных режимах и исключить возможность возникновения контуров короткого замыкания контактора, тем самым обеспечивая безаварийную работу ТТРН ОТ [3]. Выпускаемые

промышленностью типовые тиристоры, применённые в контакторе с входным рабочим напряжением 10 кВ, позволяют осуществлять работу установки даже при внешних коротких замыканиях на стороне напряжения 0,4 кВ.

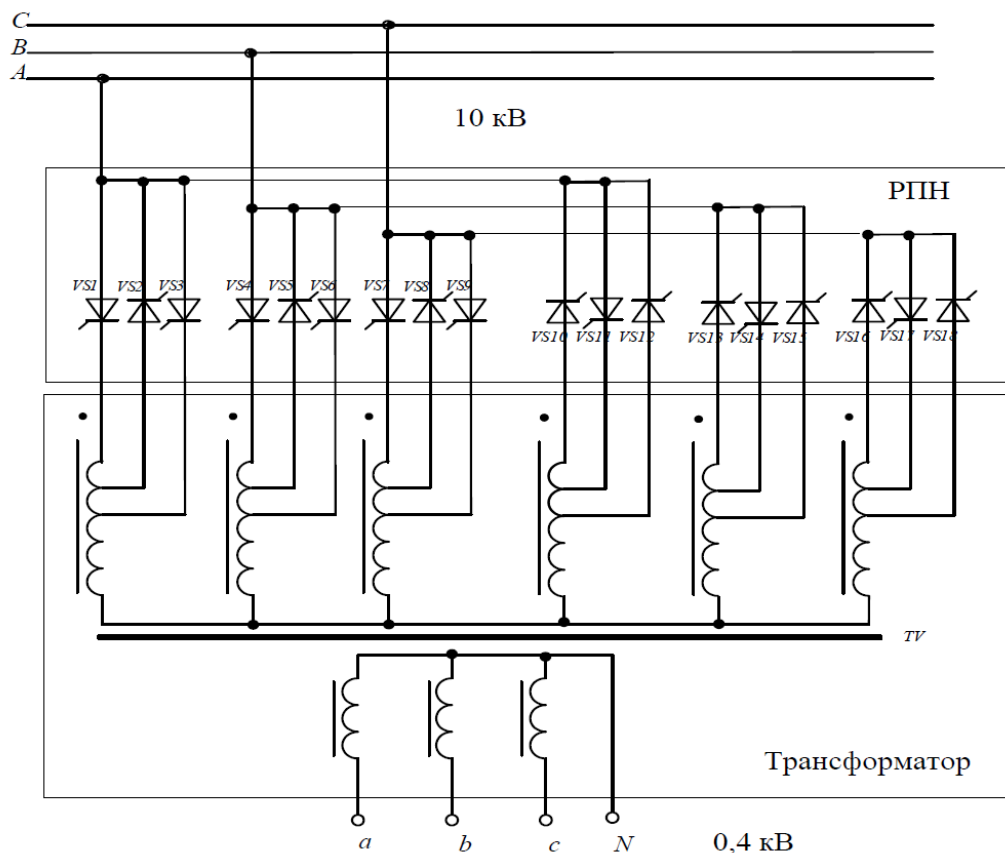


Рис. 1. Принципиальная схема силовой части ТТРНМ ОТ

Применение ТТРНМ ОТ в системах электроснабжения позволяет осуществлять дискретное и плавное пофазное регулирование переменного выходного напряжения при параллельной работе с другим трансформатором или генерирующей установкой напряжением 0,4 кВ. Точность регулирования при дискретном режиме составляет 5 %, а при плавном 1 %. Технологическая система управления (ТСУ) такой установки содержит в себе датчики измерения напряжения с переходом через ноль, для обеспечения плавного регулирования с точностью не менее одного электрического градуса, блок задания режимов, блок формирования команд, блок регулирования, блок защиты. Реализация двухзонного последовательного управления тиристорными ключами при использовании импульсно-фазового способа регулирования не только позволяет проводить регулировки в диапазоне 0-180 электрических градусов при активно-индуктивном характере нагрузки, но и требует скрупулёзного выбора электронной аппаратуры управления. На этапе реализации данного проекта было решено использовать промышленный контроллер, в котором есть аналого-цифровые преобразователи (АЦП) для измерения входных данных и цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) для передачи сигналов управления, контроллер реального времени, работающий в системе серверного обеспечения под управлением Linux, с возможностью передачи во вне измеряемых и рассчитанных параметров, полученных во время мониторинга. Сама система управления ТТРНМ ОТ реализована на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС) расположенной непосредственно в контроллере реального времени. Такая архитектура позволила резко сократить на время непосредственной разработки устройства с возможностью связи с дополнительной системой активно-адаптивной системой управления (ААСУ), передающей информацию в распределенную систему мониторинга и управления (РСМУ). В качестве промышленного контроллера было решено использовать три контроллера сRIO-9076 один контроллер на фазу. Программирование котроллеров осуществлялось на языке LabVIEW с дополнительными модулями Real-Time и FPGA. Такой стиль программирования позволил создать систему управления с периферией в виде

ААСУ, связанной по протоколу Modbus и индикаторной дисплейной панелью в виде глобальных переменных, в кратчайшие сроки без привлечения сторонних организаций. Технологическая система управления показана на (рис. 2) .

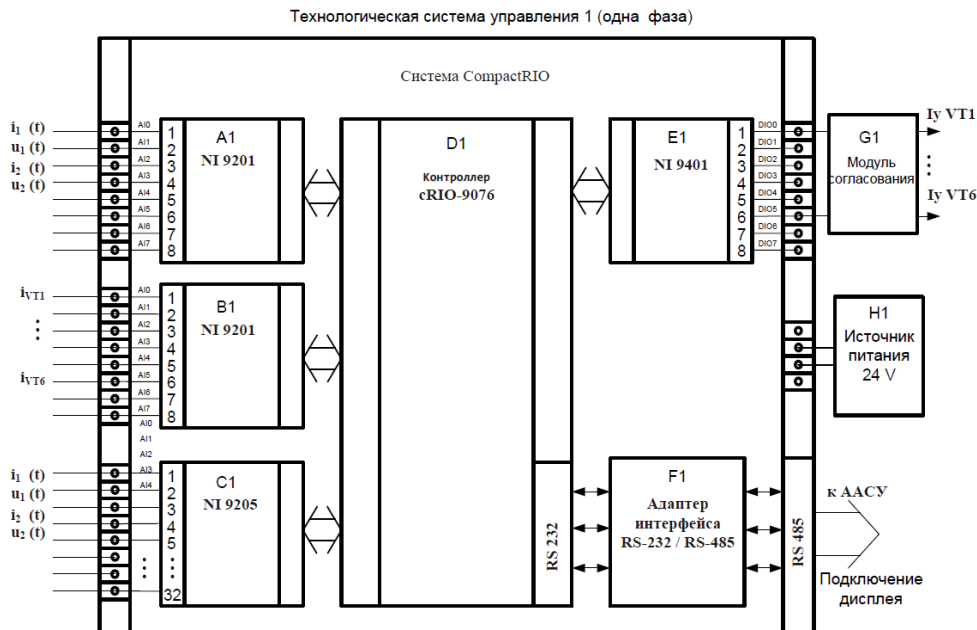


Рис. 2. Блок-схема технологической системы управления

Еще одним устройством, которое также предназначено для распределительных сетей при продольном, поперечном и продольно-поперечном способах регулирования напряжения, является тиристорный регулятор величины и фазы вольтодобавочного напряжения (ТРВДН). Управление потоками мощности в электрических сетях осуществляется с использованием устройств (рис.3) продольной, поперечной и продольно-поперечной компенсации. Суть такого регулирования состоит в применении вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ).

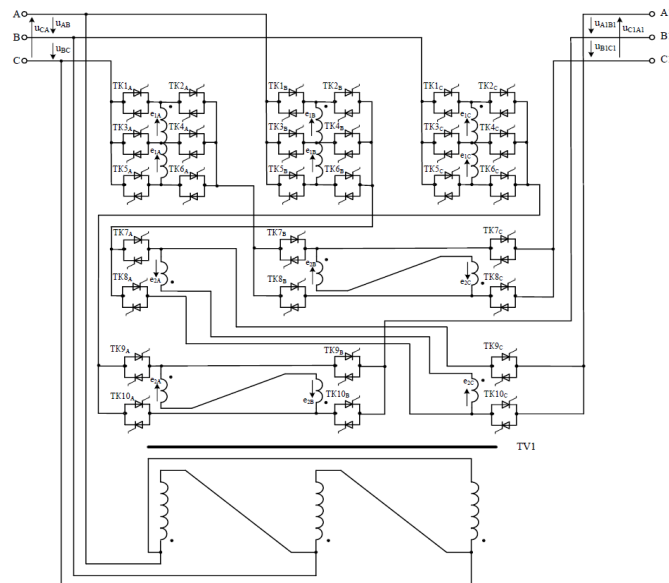


Рис. 3. Тиристорный регулятор напряжения с вольтодобавочным трансформатором

Напряжение на первичной стороне ВДТ регулируется с помощью тиристорных ключей, а вторичная обмотка включается последовательно с сетью или вторичной обмоткой главного трансформатора. Это позволяет, во-первых, регулировать значительные мощности, во-вторых, достаточно просто

согласовывать параметры регулируемой цепи с параметрами питающей сети. Принцип действия ТРВДН основан на совместном использовании продольного (изменение амплитуды) и поперечного (изменение фазы) регулирования напряжения. Введение в линию вольт добавки при продольном регулировании позволяет изменять уровни напряжения на шинах потребителя. Изменение фазы выходного напряжения при поперечном регулировании позволяет управлять потоками активной и реактивной мощности. От электромеханических регуляторов ТРВДН выгодно отличается быстродействием, коммутационным ресурсом и возможностью плавного регулирования.

На рис. 4 показаны основные блоки программной части системы управления (СУ). Аппаратная часть СУ реализована на трех контроллерах NI myRIO [4]. Это необходимо для увеличения скорости обработки данных. Контроллер осуществляет взаимодействие между фазами, а также прием и передачу информации в любую внешнюю адаптивную систему управления. Модуль Real Time обеспечивает измерения частоты, мощности, действующих значений напряжений и токов. Модуль FPGA является вторым аппаратным уровнем. Внешние команды как управляющие воздействия поступают на программируемый контроллер, который их передает в ПЛИС FPGA. На уровне FPGA формируются синхронизирующие импульсы от полученных значений напряжения высоковольтной обмотки трансформаторов. Эти импульсы генерируются в момент изменения полярности напряжения при его переходе через ноль и дифференцируются на четыре основных синхронизирующих сигнала  $U_0$ ,  $U_+$ ,  $U_-$ ,  $U_{0+}$ . Благодаря командам, полученным от контроллера, в ПЛИС формируются импульсы для управления тиристорами ТРВДН.

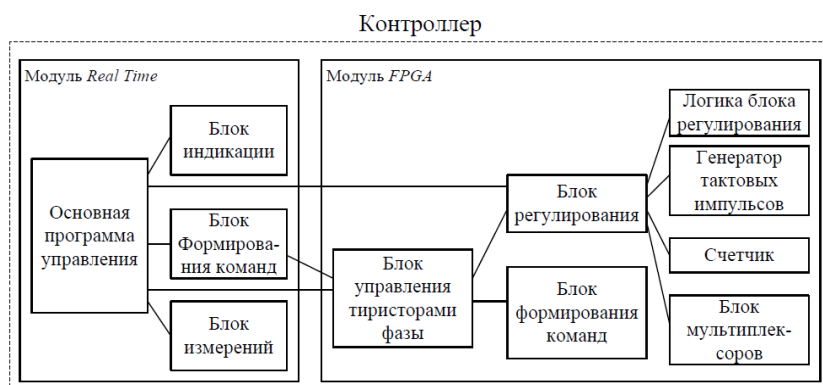


Рис. 4. Структурная схема программной части системы управления

## Заключение

Работы по созданию прототипов выполнены в рамках государственного контракта от 11.10.2011 № 16.526.12.6016 (11/692) с Министерством образования и науки РФ для *трансформаторно-тиристорного регулятора напряжения и мощности с ключами однонаправленного тока (ТТРНМ ОТ)* и при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (соглашение №14.577.21.0242 о предоставлении субсидии от 26.09.2017, уникальный идентификатор проекта RFMEFI57717X0242) для *тиристорного регулятора величины и фазы вольтдобавочного напряжения (ТРВДН)*

## Список использованных источников

1. Лоскутов А.Б., Чивенков А.И., Соснина Е.Н., Белянин И.В., Бедретдинов Р.Ш., Липужин И.А. Цифровая трансформаторная подстанция, Пат. 2552842 RU, за-явл. 17.10.13; опубл. 10.06.15.
2. Соснина Е.Н., Асабин А.А., Белянин И.В., Кралин А.А., Крюков Е.В. Система управления твердотельным регулятором напряжения, Свидетельство о гос. рег. 2016660042, заявл 20.07.16; опубл. 05.09.16
3. Лоскутов А.Б., Чивенков А.И., Соснина Е.Н., Лоскутов А.А., Зырин Д.В. Цифровая трансформаторная подстанция в интеллектуальных электрических сетях с автоматическим плавным регулированием напряжения и мощности // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 4(101). – С. 236–244.
4. Асабин А.А., Белянин И.В., Соснина Е.Н., Бедретдинов Р.Ш., Крюков Е.В. Система управления тиристорного регулятора напряжения // Интеллектуальная электротехника. – 2020. – № 1 (9). – С. 25–39. DOI: 10.46960/2658-6754\_2020\_1\_25.

## СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ОРГАНИЧЕСКОЙ И ВОДНОЙ ФАЗЫ

Сумин Г.В.<sup>1</sup>, Надеждин И.С.<sup>2</sup>, Смирнов Н.П.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ТПУ, ИЯТШ, инженер-проектировщик НОЛ ЭАФУ, e-mail: gvs9@tpu.ru

<sup>2</sup> ТПУ, ИЯТШ, доцент, e-mail: kun9@tpu.ru

<sup>3</sup> ТПУ, ИЯТШ, гр. 0701, e-mail: nps7@tpu.ru

### Введение

Одной из важнейших задач, связанной с замыканием цикла использования ядерного топлива, является переработка отработанного топлива. Процесс переработки включает в себя несколько этапов, одним из которых является процесс экстракции. Экстракция представляет собой метод, направленный на избирательное извлечение осколков урана и плутония из растворенных материалов ядерного топлива с использованием органических соединений. Процесс экстракции осуществляется на специальных аппаратах – экстракционных колоннах. Одной из важнейших задач, требующих решения в настоящий момент является определение уровня границы раздела органической и водной фаз. Применяемые в настоящий момент средства контроля недолговечны и неспособны осуществлять непрерывные измерения, что не позволяет использовать их в системах автоматического регулирования и как следствие существенно увеличивает стоимость производства. Для решения выявленной проблемы предлагается разработка системы измерения границы раздела двух фаз (ГРФ), позволяющей проводить непрерывные измерения.

На базе Передовой инженерной школы ТПУ создан лабораторный стенд для разработки и исследования специальных приборов контроля технологических переменных с целью развития отечественных измерительных технологий и замещения импортных аналогов.

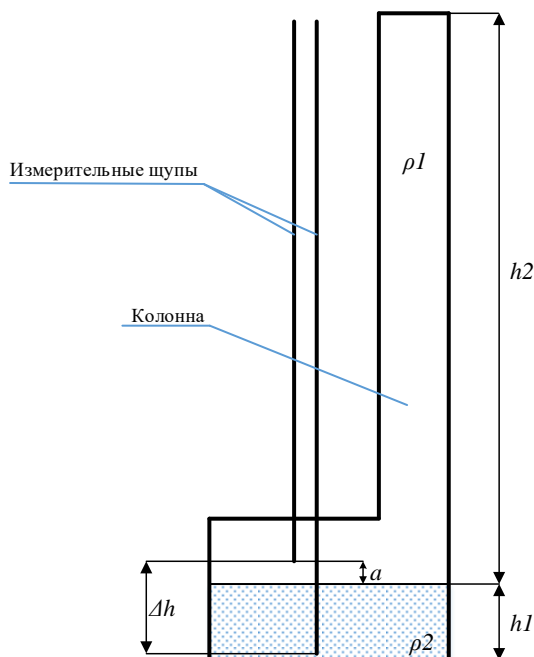


Рис. 1. Схема измерения границы раздела фаз:  
 $\rho 1$  – плотность органической фазы;  $\Delta h$  – расстояние м/у щупами  
 $\rho 2$  – плотность водной фазы;  $h 1$  – уровень ГРФ

Разделительная среда периодически прокачивается через погруженные в колонну щупы, для того, чтобы избежать диффузии рабочих растворов и разделительной среды, и таким образом не допустить выхода ядерных материалов из колонны. Для проверки возможности применения метода были проведены два эксперимента. В рамках первого определялась средняя погрешность измерения уровня границы раздела органической и водной фазы на имитации колонны.

В качестве имитатора колонны использовался мерный цилиндр высотой 47 см и объемом 1000 мл. В качестве имитации органической среды использовалось масло со средней плотностью 920 г/см<sup>3</sup>, а в

качестве имитации водной среды использовался глицерин со средней плотностью 1250 г/см<sup>3</sup>. Расстояние между щупами  $\Delta h$  принято равным 30 см. Результаты проведенного эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1

*Результаты измерения уровня ГРФ*

Перепад давления, кПа	Рассчитанный уровень ГРФ, см	Фактический уровень ГРФ, см	Относительная погрешность измерения уровня ГРФ, %
-0,078	4,68	5	6,4
0,103	10,27	10	2,7
0,269	15,41	15	2,73
0,411	19,78	20	1,1
0,584	25,14	25	0,56

В рамках второго эксперимента стояла задача определения оптимального времени прокачки разделительной среды через щуп. Для этого в течение 12 часов регистрировались показания давления, и проводился пересчет давления в показания уровня. Результаты измерений представлены в таблице 2.

Таблица 2

*Результаты измерения уровня ГРФ в течении 12 часов*

Время после начала, ч	Перепад давления, кПа	Рассчитанный уровень ГРФ, см	Фактический уровень ГРФ, см	Относительная погрешность измерения уровня ГРФ, %
1	0,103	10,27	10	3,1
3	0,102	10,24		2,4
6	0,099	10,15		1,5
8	0,068	9,2		8
12	0,058	8,9		11

Таким образом, из результатов исследований предлагается осуществлять прокачку разделительной среды каждые 6 часов.

### **Заключение**

Внедрение описанной системы измерения границы раздела водной и органической фазы потенциально может позволить решить проблему автоматизации работы экстракционной колонны, используя данную систему в качестве контура обратной связи, что позволит существенно увеличить производительность колонн.

Исследование выполнено в рамках федерального проекта «Передовые инженерные школы», научный проект «Разработка и внедрение алгоритмов и систем автоматизированного управления технологическими процессами», ПИШ-НИР-2023-005.

### **Список использованных источников**

1. Горюнов А.Г., Дядик В.Ф., Ливенцов С.Н., Чурсин Ю.А. Математическое моделирование технологических процессов водно-экстракционной переработки ядерного топлива – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 236 с.
2. Денисевич А.А., Ефремов Е.В., Ливенцов С.Н. Методы контроля технологических параметров ядерных энергетических установок: учебное пособие. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2014.



## МАЛЫЕ МОДУЛЬНЫЕ РЕАКТОРЫ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Упоров А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИНЭС, 6ВМЗ1ПИШ,  
e-mail: alexey.uporov01@gmail.com

### Введение

На сегодняшний день, малые модульные реакторы – одно из наиболее популярных течений развития ядерной энергетики, а также ядерных технологий. Малые модульные реакторы (ММР) – инновационные ядерные реакторы мощностью от 10 МВт до 300 МВт, которые планируется изготавливать на заводах используя серийное производство.

Цель данной работы: рассмотреть, что такое малые модульные реакторы, почему они являются популярными, а также проблемы и перспективы развития данного направления ядерной энергетики.

### Основная часть

ММР отличаются от классических ядерных энергетических реакторов следующим образом: их внешние размеры в несколько раз меньше, системы и их элементы могут быть собраны на заводе и доставлены как единое целое к месту установки.

Одним из преимуществ малых модульных реакторов является ремонтпригодность. Большинство малых модульных реакторов практически не требуют технического обслуживания. В частности, конструкции таких реакторов предполагают более длительный интервал между перезагрузками топлива или вообще заправку топлива на весь жизненный цикл – это требует периодической замены компактного реакторного модуля.

Основные преимущества малых модульных реакторов, следующие:

1. Меньшая удельная мощность реакторной установки делает ее более безопасной с точки зрения энергоемкости.
2. Энергоблоки этого типа в меньшей степени зависят от способности потреблять большие количество охлаждающей воды поблизости, таким образом они идеально подходят для работы в отдаленных уголках планеты.
3. Эти системы решают главную аварийную проблему – потерю конечным потребителем тепла в случае аварии.
4. Минимизация технически сложных строительно-монтажных работ с учетом специфики регионов возможного размещения.
5. Минимальное обслуживание.
6. Сокращение количества необходимого обслуживающего персонала в полевых условиях.
7. Возможность упростить процедуры вывода из эксплуатации этих энергоблоков.

Таким образом можно сделать вывод что преимущества ММР связаны с их меньшими размерами (по сравнению с классическими реакторами) и тем фактом, что они являются модульными. Благодаря своим небольшим размерам ММР могут размещаться в местах, непригодных для крупных атомных электростанций.

Конструкция ММР значительно упрощается, поскольку сборные блоки могут быть предварительно изготовлены на заводе, откуда они впоследствии доставляются для установки на месте.

ММР также экономят затраты и время на строительство, поскольку их можно внедрять постепенно по мере увеличения потребности в электроэнергии.

Поскольку большинство малых модульных реакторов находятся на концептуальном уровне, на данный момент у малых модульных реакторов есть только два недостатка:

1. Малые модульные реакторы не будут вырабатывать столько энергии, сколько вырабатывает обычная атомная станция.
2. По мере увеличения числа реакторов будет увеличиваться и количество отходов, которые необходимо утилизировать.
3. Отработавшее ядерное топливо должно храниться во временных хранилищах в течение десятилетий.

## **Заключение**

По данным Международного агентства по атомной энергии, в настоящее время в мире разрабатывается около 70 коммерческих проектов ММР. Они рассчитаны на различные мощности и области применения. Таким образом, в ближайшем будущем малые модульные реакторы будут активно использоваться и внедряться в существующие системы.

## **Список использованных источников**

1. Малые модульные реакторы: проблемы и перспективы. – Текст : электронный // Агентство по атомной энергии / Организация экономического сотрудничества и развития. – URL:: [https://www.rosatom.ru/upload/docs/Small\\_Modular\\_Reactors.pdf](https://www.rosatom.ru/upload/docs/Small_Modular_Reactors.pdf).

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАРТОГРАММЫ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ РЕАКТОРА С БОЛЬШОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТЬЮ

*Смольников Н.В., Аникин М.Н., Лебедев И.И., Наймушин А.Г.*

*Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30*

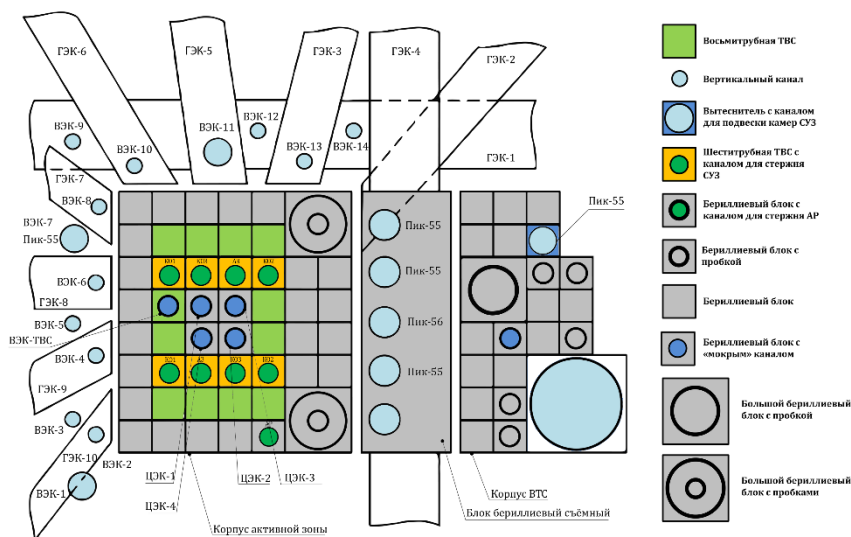
*e-mail: nvs38@tpu.ru*

## Введение

Для ядерных реакторов, имеющих небольшие размеры активной зоны характерны большие неравномерности распределения нейтронного излучения и, как следствие, наличие высоконапряженных участков, ограничивающих условия эксплуатации ТВЭЛов.

Наличие высоконапряженных участков в объеме активных зон исследовательских ядерных установок обусловлено, в первую очередь, использованием режима частичных перегрузок топлива, при котором происходит локальное увеличение неравномерности энерговыделения в ячейке со «свежим» топливом, а также наличием ловушки и отражателя нейтронов, повышающих долю нейтронов, возвращаемых в активную зону.

Одним из реакторов, обладающих большой гетерогенностью и неравномерностью энерговыделения является реактор ИРТ-Т (г. Томск). Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т – реактор бассейнового типа тепловой мощностью 6 МВт. Штатная загрузка активной зоны реактора (рис. 1) состоит из 12-ти восьмитрубных и 8-ми шеститрубных тепловыделяющих сборок (ТВС) типа ИРТ-3М, обогащенных до 90 % по изотопу U-235. В качестве отражателя нейтронов используется металлический бериллий, расположенный по периметру активной зоны реактора.



*Рис. 1. Картограмма загрузки активной зоны реактора ИРТ-Т*

Как правило, снижение неравномерности распределения энерговыделения в активной зоне достигается за счет профилирования. Однако, для активных зон исследовательских ядерных установок, имеющих небольшие габаритные размеры, профилирование с использованием ТВС с разным обогащением, поглощающих поглотителей не может быть реализовано. Одним из альтернативных методов профилирования активной зоны является профилирование по выгоранию, которое может быть достигнуто благодаря несимметричному расположению бериллиевого отражателя в активной зоне. В этом случае, «свежие» топливные сборки располагаются в левой части активной зоны, а более выгоревшие в правой части.

Как было отмечено ранее, использование режима частичных перегрузок топлива, вызывает локальное увеличение неравномерности энерговыделения и перераспределение энерговыделения по объему активной зоны, и, как следствие, будет приводить к необходимости перепрофилирования активной зоны от одной топливной кампании к другой.

## Расчетное профилирование

В настоящее время для расчетного сопровождения эксплуатации реактора ИРТ-Т используется аттестованная модель прецизионного программного средства (ПС) MCU-PTR, предназначенного для моделирования процессов переноса нейтронов и фотонов аналоговыми и весовыми (не аналоговыми) методами Монте-Карло на основе оценённых ядерных данных. Для задач профилирования энерговыделения в активной зоне общий принцип работы ПС быть описан упрощенной блок-схемой:



Рис. 2. Упрощенная блок-схема работы ПС MCU-PTR

Исходная расчетная модель для каждого расчета учитывает нуклидный состав всех ТВС от момента установки в активную зону реактора до момента извлечения. При этом разный темп выгорания ТВС по ячейкам, а также их комбинации, обуславливают большое разнообразие различных распределений энерговыделения для каждой кампании. Следовательно, задача профилирования по выгоранию представляет собой итеративный процесс с перестановками ТВС в активной зоне, где номера целевых ячеек и количество перестановок зависят от комбинаций ТВС. Пример профилирования энерговыделения для одной из кампаний реактора представлен в таблице 1. На основе стационарного расчета исходной модели определялось распределение энерговыделения и наиболее напряженные ТВС, расположенные в ячейках 4-5, 4-6 активной зоны.

Таблица 1

### Пример профилирования активной зоны

До профилирования										
№	Выгорание топлива, %					Коэф. неравномерности энерговыделения				№
	6	5	4	3		6	5	4	3	
7	35.55	8.41	41.69	61.43		0.85	1.08	0.89	0.69	7
6	58.11	16.86	43.84	51.11		0.68	1.24	1.03	0.92	6
5	20.52	Be	Be	26.37		1.17	Be	Be	1.37	5
4	55.71	Be	Be	26.37		0.82	Be	Be	1.36	4
3	55.52	39.45	16.48	48.34		0.74	1.05	1.28	0.95	3
2	0.00	40.76	7.83	60.5		1.13	0.89	1.16	0.71	2
После профилирования										
№	Выгорание топлива, %					Коэф. неравномерности энерговыделения				№
	6	5	4	3		6	5	4	3	
7	35.55	8.41	26.37	61.43		0.87	1.10	1.01	0.68	7
6	58.11	16.86	43.84	51.11		0.69	1.24	1.02	0.90	6
5	20.52	Be	Be	41.69		1.19	Be	Be	1.16	5
4	55.71	Be	Be	40.76		0.84	Be	Be	1.17	4
3	55.52	39.45	16.48	48.34		0.77	1.06	1.28	0.93	3
2	0.00	26.37	7.83	60.5		1.17	1.04	1.18	0.71	2

Выбор ячеек для перестановки делался исключительно на основе того, что ТВС с большим выгоранием позволит снизить изначальные значения коэффициентов неравномерности. После перестановки и проведения стационарных расчетов, производится оценка полученных результатов. В случае,

если из результатов следует, что неравномерность энерговыделения высока, подбор ячеек для перестановок и расчетные мероприятия, повторяются.

### Прогнозирование распределения энерговыделения по активной зоне

Систематизация процесса профилирования активной зоны с целью минимизация вычислительных и трудовых ресурсов является ключевой задачей и может быть достигнута с использованием технологий искусственного интеллекта, способных анализировать, классифицировать исходные данные и прогнозировать результат.

В рамках работы рассматривается модель машинного обучения, способная предсказывать числовую характеристику объекта (регрессионная модель). В качестве входной характеристики объекта используется картограмма выгорания топлива в активной зоне, а выходным (прогнозируемым) параметром выступает картограмма распределения неравномерности энерговыделения в активной зоне. Учитывая, что количество прогнозируемых параметров соответствует количеству ячеек, содержащих топливо, задача сводится к рассмотрению многомерной модели [1]. Для решения задачи выбран традиционный способ обучения – обучение с учителем, объединяющий алгоритмы и методы построения моделей на основе множества примеров, содержащих пары «известный вход — известный выход». Выбранный массив данных для обучения состоит из картограмм различных топливных кампаний реактора за последние 10 лет эксплуатации.

Изучение данных – начальный и основообразующий этап построения любой модели машинного обучения, позволяющий оценить взаимосвязи между численными величинами. В таблице 2 представлена таблица с коэффициентами корреляции между выгоранием и неравномерностью энерговыделения для некоторых ячеек активной зоны.

Таблица 2

#### Корреляция между выгоранием топлива и неравномерностью распределения энерговыделения

№	7-6_s	7-5_s	6-6_s	6-5_s	7-6_b	7-5_b	6-6_b	6-5_b
7-6_s	1.00							
7-5_s	0.17	1.00						
6-6_s	0.20	0.00	1.00					
6-5_s	0.07	0.07	-0.16	1.00				
7-6_b	-0.76	0.03	-0.08	0.00	1.00			
7-5_b	0.00	-0.68	0.15	0.00	0.03	1.00		
6-6_b	-0.08	0.10	-0.85	0.17	0.10	-0.12	1.00	
6-5_b	0.02	0.00	0.23	-0.87	0.00	0.07	-0.13	1.00

\* индекс \_s – неравномерность распределения энерговыделения для ячейки

\* индекс \_b – выгорания топлива в ячейке

Согласно таблице 2, между выгоранием топлива и неравномерностью распределения энерговыделения для одинаковых ячеек наблюдается высокая негативная корреляция. Более того, наблюдается средняя корреляция между близко расположенными ячейками (например, ячейки 7-6 и 7-5). Наличие корреляции между близко расположенными ячейками свидетельствует о наличии мультиколлинеарности переменных [2], что может приводить к неопределенности параметров в процессе обучения.

С целью минимизации негативного эффекта мультиколлинеарности, в качестве модели для обучения была выбрана модель гребневой регрессии с L2 регуляризацией [3]. Предварительно, перед обучением массив данных проходил предварительную обработку, направленную на стандартизация исходных переменных, после чего, был разделен на тренировочный и тестовые массивы. Процесс обучения модели в рамках многомерного прогнозирования может быть описан следующей схемой:

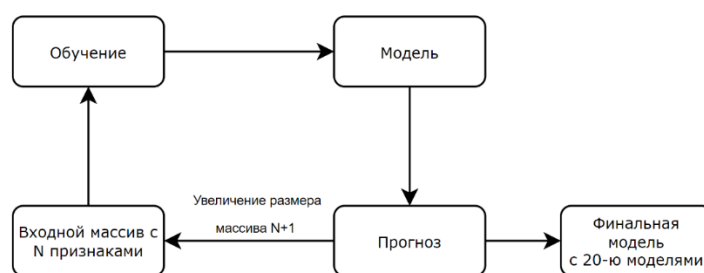


Рис. 4. Блок-схема прогнозирования коэффициентов неравномерности активной зоны

Блок-схема описывает алгоритм обучения цепочки регрессионных моделей, где каждая модель предсказывает один признак, который на этапе обучения следующей модели входит в массив данных, как переменная-предиктор. Таким образом, использование гребневой регрессии позволяет исключить негативную мультиколлинеарность данных на этапе обучения за счет регуляризации, а использование предсказанной переменной в качестве переменной-предиктора для следующего шага повышает точность работы модели. На рис. 5 представлено распределение средней абсолютной ошибки прогнозирования по ячейкам активной зоны.

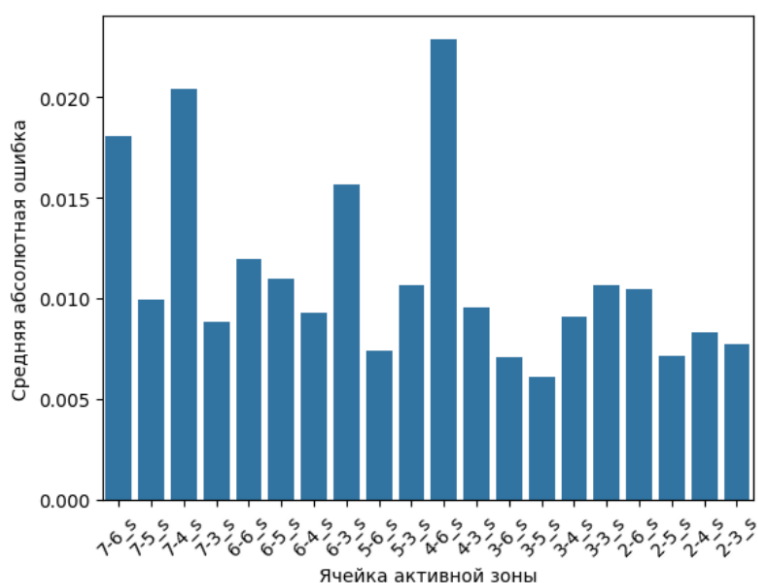


Рис. 5. Распределение средней абсолютной ошибки по ячейкам активной зоны

Наибольшее значение средней абсолютной ошибки составляет 0,023. При этом средняя абсолютная ошибка прогнозирования относительно всех ячеек не превышает 0,013.

## Заключение

Предложенный подход позволяет прогнозировать неравномерности распределения энерговыделения в активной зоне основываясь только на данных о выгорании топливных сборках. Алгоритм работы гребневой регрессионной модели машинного обучения позволил выявить связи между данными и установить закономерности формирования распределения энерговыделения для комбинаций топливных сборок с разным выгоранием, что позволяет систематизировать процесс профилирования активной зоны без необходимости проведения ряда расчетных мероприятий.

## Список использованных источников

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М. : Высш.шк.; 1999. – 479 с.
2. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям. Учебное пособие. СПб. : Питер. – 2013. – 704 с.
3. Барсегян А.А., Куприянов М.С. и др. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining. – БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.

# AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE OIL STATION CONTROLLING THE HYDRAULIC DRIVE OF THE WATER PUMP IMPELLER BLADES

*Borisov D.A., Khudonogova L.I.*

*TPU, DIS ESIES, 6VM31PISH, e-mail: borisov22222@gmail.com*

*TPU, DAR ESITR, PhD, Associate Professor, e-mail: [likhud@tpu.ru](mailto:likhud@tpu.ru)*

## Introduction

Currently, the level of industrial water volumes in the main channel required for production needs is maintained by a pump. The required pump performance needed to maintain a given water level in the channels is currently provided by the manual control mode of the oil station, which hydraulically ensures the rotation of the blades of the pump impellers. Moreover, the maintenance of industrial water volumes level can occur several times a day, thus surging the workload on personnel significantly. To reduce maintenance time, increase reliability and safety due to eliminating human factor, it is necessary to develop a system that will allow to perform the process automatically.

## The developed system

The implementation of the system should provide both dispatching control on the operator's workstation and oil station management with appropriate algorithms.

Dispatching control on the operator's workstation is supposed to give information about:

- the condition of all executive modules (oil station pump, pressure supply valves to the control rod, the direction of the rod stroke);
- status of sensors (main pump current consumption, water level in the main channel, rod stroke length, impeller bearing temperature);
- setting the boundaries of water level regulation in the main channel.

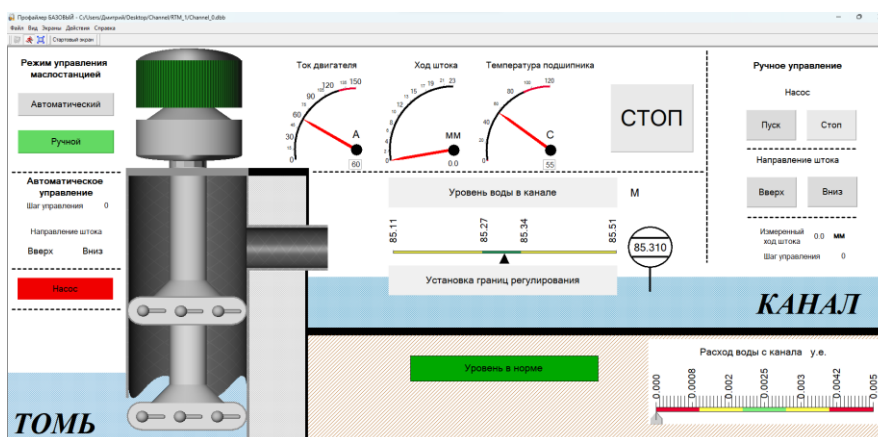
The following algorithms for oil station management should be implemented:

- automatic control of the position of the control rod by turning on and off the pump of the oil station and pressure supply valves depending on the parameters of the water level in the channel;
- manual control of turning on and off the oil station pump and pressure supply valves from the operator's ARM.

The operator's ARM developed in the TRACE MODE IDE 6 software is shown in Figure 1 [1]. At the top left, there is a panel for switching control modes, while a panel for displaying information about automatic control (control step, direction of stroke of the rod and the state of the oil station pump) is located below it.

The central part of operator's ARM contains the following elements: a mnemonic circuit with the main pump, the main channel, displaying information from sensors of the current consumed by the engine, the stroke length of the rod and the temperature of the impeller bearing. Below the sensor readings, it is also a strip of water level in the main channel with the possibility of changing the control boundaries. To the right of the sensor readings, the emergency stop button for all actuators is placed.

In the right part of the operator's ARM, there is a panel for manual control.



*Fig. 1. The appearance of the operator's ARM*

The automated system is controlled by the PLC OWEN PR200-24.4.2.01 [2] in the master mode.

The programmable relay receives information about:

- the water level from the level sensor installed in the main channel and transmitted via the radio channel

[3, 4];

- the current consumed by the engine from the digital ammeter;
- the stroke length of the rod from the linear motion sensor;
- bearing temperature from the temperature sensor.

The programmable relay controls:

- turning on and off the oil station pump with the help of starters;
- pressure supply valves by means of starters.

The general scheme of the control system is shown in Figure 2.

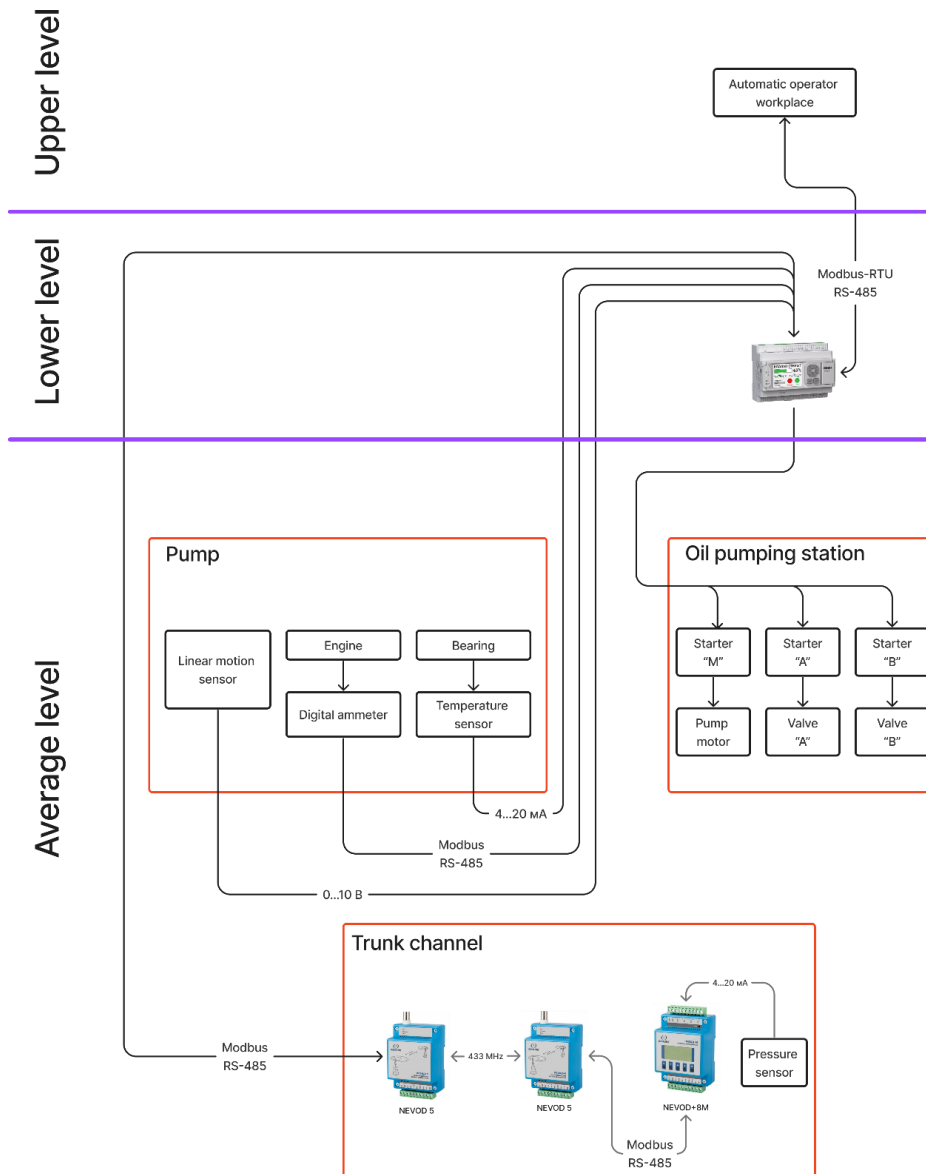


Fig. 2. Structure of the control system

To test and debug the system, a pump simulation model, an oil station simulation model and a channel simulation model were developed in the domestic TraceMode IDE 6 software.

Simulation models are simplified mathematical models written in the FBD language of the IEC 61131 standard, which take control action from the OWEN PR 200-24.4.2.0 PLC and send back data about models' conditions [5].



The model calculates the value of water supply from the pump to the channel and the water level in the channel depending on the set consumption value and water supply by the pump, taking into account the state of the stroke of the rod. The data are updated every second. It should be mentioned that the model is not close in physical properties to a real object since the functionality of the model already allows to evaluate the correctness of the programmed algorithms.

The model is connected to the operator's automated control system. The panel «Channel water consumption, c.u.» is designed to simulate the flow of water from the main channel by the consumer.

As a result of the tests, it was revealed that the developed oil station control system successfully manages the simulation model and performs all the assigned functionality.

## **Conclusion**

In conclusion, the developed automatic control system will allow to adjust the water supply more efficiently, quickly and accurately. Automation will give an opportunity to redirect operational personnel to perform other tasks and minimize the human factor in work.

## **References**

1. Mezentsev A.A., Pavlov V.M. CAD TRACE MODE 6: educational and methodical manual. – Tomsk: NI TPU, 2013. – 38 p.
2. PR200 programmable relay with display // ARIES – programmable devices: website. – 2023. – URL: <https://owen.ru/product/pr200>.
3. NEWOD +M8. Data collection module // GEOLINK. Modules of the NEWOD family: website. – 2023. – URL: <https://www.geolink.ru/nevodm8.html>.
4. NEWOD 5. Radio modem // GEOLINK. Modules of the NEWOD family: website. – 2023. – URL: <https://www.geolink.ru/products/moduli-semejstva-nevod/nevod5.html>.
5. Overview of SCADA TRACE MODE 6 // AdAstra TRACE MODE 6. – 2023. – URL: <http://www.adas-tra.ru/products/overview/>.

# ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР ДЛЯ ТРЕКИНГА ЧАСТИЦ МНОГОСЛОЙНЫМИ СБОРКАМИ STRAW-ДЕТЕКТОРОВ

*Чумаков Д.К.<sup>1</sup>, Дусаев Р.Р.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Томский политехнический университет, ИШФВП, аспирант гр. А2-15*

<sup>2</sup> *Томский политехнический университет, ИШФВП, ассистент*  
*e-mail: [dkc1@tpu.ru](mailto:dkc1@tpu.ru)*

## Введение

Определение треков частиц (трекинг) при их регистрации системами детекторов – важная часть современного физического эксперимента. Параметры полученных в результате работы алгоритмов трекинга треки используются для точной настройки экспериментальной аппаратуры, а также в качестве критериев отбора зарегистрированных частиц при обработке результатов. Точность алгоритмов трекинга в итоге влияет на инструментальную погрешность детекторов, откуда и возникает потребность в уменьшении погрешности алгоритмов регистрации треков частиц. Целью текущей работы являлась разработка алгоритма предварительной подготовки данных с детекторов для последующей их обработки распространенными алгоритмами нахождения и подбора треков, таких как фильтр Калмана. Подготовка заключается в минимизации погрешности определения точек регистрации частиц детекторами за счет математической обработки.

## Описание принципов работы рассматриваемых детекторов

Разработанный алгоритм предназначен для определения точек регистрации частиц многослойными сборками straw-детекторов. Эти детекторы представляют собой газонаполненные тонкостенные трубки, внутри которых по центру располагается анодная проволочка диаметром ~20 мкм. Катодом является сама трубка, выполненная из материала Картон, покрытого слоем меди или алюминия. Типовой диаметр трубок – 4-10 мм, детектор герметизирован и заполнен изнутри смесью газов Ar+CO<sub>2</sub> [1]. Детектор работает в режиме пропорционального счетчика. Величина межэлектродного напряжения выбирается в зависимости от требуемого коэффициента усиления; так, в работе [2] задано напряжение 1530 В для получения коэффициента усиления  $2.5 \times 10^4$ .

Преимущества straw-детекторов относительно других типов трековых детекторов, таких как пиксельные полупроводниковые, заключаются в их высокой радиационной устойчивости, хорошем временном разрешении и меньшей стоимости при необходимости покрыть большие площади. Временное разрешение straw-детекторов составляет десятки нс [1]. Кроме того, в отличие от матричных сцинтилляционных детекторов, пространственное разрешение которых будет определяться только геометрическими размерами элементарных ячеек в матрице детектора, разрешение straw-детекторов определяется длительностью сигнала и при типовых диаметрах трубки 4-10 мм может достигать десятков-сотни мкм.

Straw-детекторы располагаются параллельно друг другу вдоль координатной оси, на которой требуется определить координату регистрации частицы (см. рис. 1, слева). Соответственно, один слой используется для определения одной координаты точки регистрации частицы. Пространственные координаты точки регистрации частицы в straw-детекторе определяются по наименьшему расстоянию от траектории пролетающей через детектор частицы до анодной проволочки (см. рис. 1, справа). Это расстояние рассчитывается по времени дрейфа электронов первичной и вторичной ионизации по направлению к аноду.

Множество точек, расположенных на найденном расстоянии от анодной проволочки и соответствующих одному и тому же значению времени дрейфа описывает цилиндрическую поверхность – изохрону, определяемую её радиусом. Проблема лево-правой неопределенности разрешается путем введения второго параллельного слоя детекторов, смещенных относительно первого слоя на величину одного радиуса трубки детектора. Таким образом, элементарная сборка для определения одной координаты регистрации частицы состоит из двух слоев трубок, расположенных в шахматном порядке (см. рис. 1, слева). Зависимость радиуса изохроны от времени дрейфа электронов к анодной проволочке описывается экспериментальной (R-T) зависимостью, форма которой используется для калибровки детекторов. Если же в эксперименте требуется установить вторую координату точки регистрации, за сборкой из двух параллельных слоев, расположенных в шахматном порядке, располагают еще одну сборку из таких же детекторов, расположенных вдоль другой координатной оси (например, Y). В таком

случае, пролетающая частица при условии незначительного отклонения от своей траектории вызовет срабатывание 4 детекторов – двух из слоя «X» и двух – из слоя «Y». Координата Z задается по положению центра сборки из 4 слоев детекторов на оси Z.

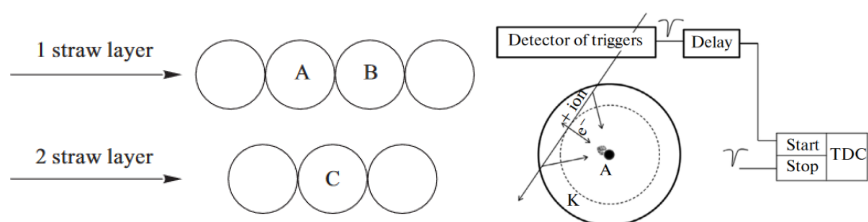


Рис. 1. Схемы работы сборок straw-детекторов: слева – схема расположения детекторов в шахматном порядке (1(2) straw layer = слой детекторов 1(2)) [3]; справа – схема регистрации частицы в одном детекторе (A – анод, K – катод детектора; ion – ион, возникший в результате ионизации газа детектора, detector of triggers – пороговый детектор срабатываний, delay – задержка, TDC – время-цифровой преобразователь) [1]

Пространственное разрешение определения координаты пролетающей частицы для сборки из двух детекторов зависит от угла падения частицы и также составляет 90-120 мкм [1]. Для улучшения пространственного разрешения детектора была использована математическая обработка информации, получаемой со сборок детекторов.

### Описание алгоритма

В качестве входных данных алгоритма используется информация о диаметре детекторов; расстояние между слоями; список сработавших детекторов, которым в соответствие ставятся радиусы изохрон для зарегистрированных сигналов; положение центра каждого детектора в пространстве. Кроме того, введены следующие начальные предположения: эффективность детектора составляет 100 %; если радиус изохроны превышает радиус детектора, то срабатывание детектора не засчитывается; траектории частиц – прямолинейные (для криволинейных траекторий частиц в магнитном поле перед использованием алгоритма следует применить конформное отображение для преобразования траекторий в прямолинейные); в каждом слое одному треку соответствует только один детектор.

Два слоя не решают лево-правую неопределенность полностью. Если провести касательные линии к изохронам двух сработавших детекторов из разных слоев, окажется, что к ним можно провести четыре касательные: две внешние и две внутренние (см. рис. 2). Исходя из условий эксперимента и предварительной информации о предпочтительном направлении полета частицы, алгоритм отбирает касательные по углу падения и выбирает предпочтительные. Кроме того, исключаются касательные, пересекающие детекторы, сигнал о срабатывании от которых не был получен. На рис. 2 зеленая касательная исключена; остальные три касательные пересекают только сработавшие детекторы на расстоянии, равном радиусу их изохрон.

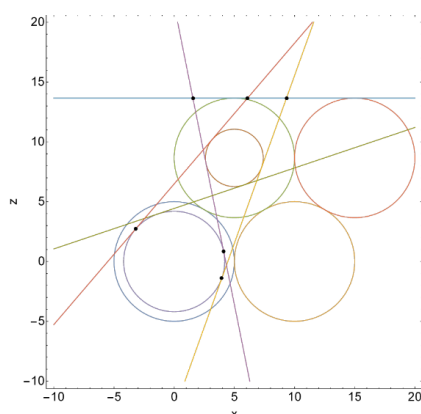
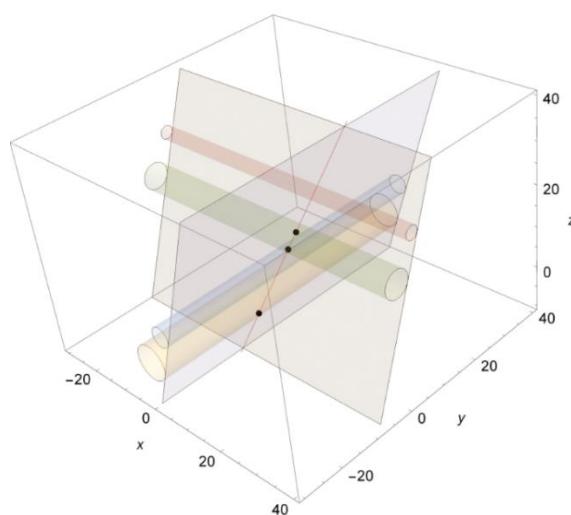


Рис. 2. Результат моделирования регистрации треков частиц детекторами диаметром 10 отн. ед. в плоскости XZ; синяя линия – плоскость регистрации, расположенная в точке регистрации на оси Z; черные точки – точки касания и пересечения плоскости регистрации валидными касательными

Для треков в плоскости  $XZ$  неизвестна координата  $Y$  точек касания, так же, как и для треков в плоскости  $YZ$  неизвестна координата  $X$ . Для восстановления трехмерного трека, касательного к сработавшим детекторам как в слоях  $XZ$ , так и  $YZ$ , необходимо определить неизвестную координату для по крайней мере одной точки касания в любом слое. Для точки регистрации трехмерные координаты строятся по двум плоскостям  $XZ$  и  $YZ$ :  $\{X_c, Y_c, Z_c\}$  ( $XZ$ ) и  $\{X_c, Y_c, Z_c\}$  ( $YZ$ ) дают  $\{X_c, Y_c, Z_c\}$ , где  $X_c, Y_c$  – координаты точки регистрации из соответствующих плоскостей;  $Z_c$  – координата плоскости регистрации на оси  $Z$ , расположенной в центре сборки.

Для восстановления трехмерных точек касания необходимо использовать координату  $Z$  точки касания из слоя  $YZ$  (координата  $Y$  для нее известна) и уравнение касательной линии из оси  $XZ$ . Найдя таким образом координату  $X$  точки касания, алгоритм записывает ее трехмерные координаты и в совокупности с известными координатами точки регистрации определяет уравнение трехмерной прямой в пространстве. Эта прямая касается изохрон всех сработавших детекторов, задействованных в текущей итерации алгоритма, пересекает плоскость регистрации в определенной точке. Она представляет собой трек частицы, прошедшей через сработавшие детекторы (см. рис. 3). В итоге, выходные результаты работы алгоритма – массив точек регистрации и массив соответствующих им направляющих векторов, определяющих прямолинейные треки.



*Рис. 3. Иллюстрация работы алгоритма с четырехслойной сборкой детекторов; показаны только сработавшие детекторы, касательные плоскости; черные точки – точки касания и точка регистрации (по центру); красная линия – трек. По осям масштаб задан в относительных единицах*

## Заключение

Был разработан алгоритм, позволяющий аналитически определять 3D координаты точек регистрации частиц многослойными сборками трековыми straw-детекторами. Увеличение точности определения координат частиц компенсируется увеличением количества возможных треков и ростом временной сложности алгоритма. Пользователю предоставляется возможность отсеивания треков по углу падения в зависимости от условий эксперимента. Полученные результаты в дальнейшем могут передаваться в качестве входных данных в алгоритмы обнаружения и подбора треков (фильтр Калмана, алгоритм ломаных линий). Визуализация треков доступна при реализации алгоритма в среде Wolfram Mathematica, либо в любой другой среде визуализации при использовании входной информации и выходных результатов.

## Список использованных источников

1. Peshekhonov V.D. Coordinate detectors based on thin-wall drift tubes // Physics of Particles and Nuclei. – 2015. – Vol. 46, № 1. – P. 94–122.
2. Collaboration ATLAS. The ATLAS TRT end-cap detectors // Journal of Instrumentation. – 2008. – Vol. 3, № 10. – P. 10003–10003.
3. Bychkov V.N., Faessler M., Geyer R. Construction and manufacture of large size straw-chambers of the compass spectrometer tracking system // Particles and Nuclei, Letters. – 2002. – Vol. 2, № 111. – P. 64–73.

## СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В РЕЗЕРВУАРАХ

Жуань С.

Томский политехнический университет, ИШИТР, А2-36, e-mail: [sypen@tpu.ru](mailto:sypen@tpu.ru)

### Введение

В настоящее время системы автоматического управления получили широкое применение в промышленности. Их применение позволяет повысить эффективность технологических процессов и совершенствовать методы их управления. В системах автоматического управления используются различные физические величины, таких как температура, давление, уровень, расход. От точности их измерения зависит эффективность работы технологического оборудования.

Цель представляемой работы является обзор средств измерения изменения физических параметров в резервуарах и их сравнение для решения задач управления.

### Основная часть

В работе [2] предложен метод измерения уровня сред в технологических резервуарах.

На рис. 1 представлена схема системы автоматизированного измерения уровня жидкости в резервуарах.

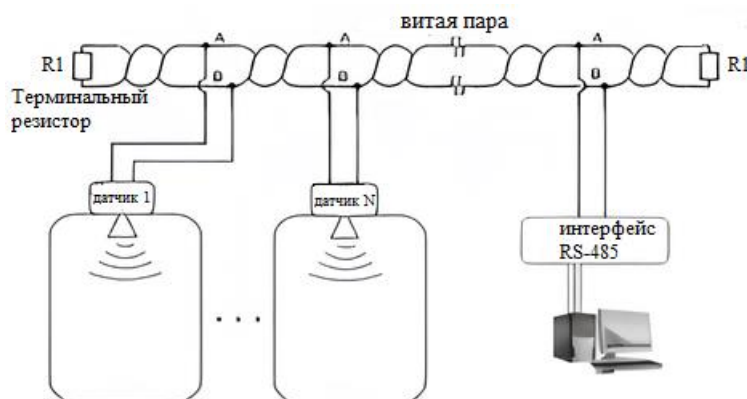


Рис. 1. Схема системы автоматизированного измерения уровня жидкости в резервуарах

Ключевым элементом данной системы измерения уровня является диод Ганна, за счет его нелинейной вольтамперной характеристики, автодин объединяет функции генератор сверхвысокочастотного излучения и смесителя излученного и принятого отраженного сигнала. Как видно из рис. 1, система включает себя  $N$  датчиков, расположенных в контролируемых резервуарах. Все датчики подключены к общему кабелю («витая пара») с помощью интерфейса RS-485, на концах которого установлены терминальные резистор. Недостатком данной системы является сложная конструкция и низкая точность измерения [2].

В патенте [3] описан способ определения скорости изменения давления в емкости при контроле герметичности путем изменения во времени перепада давлений между контролируемой и дополнительной емкостью с калиброванным объемом. Несмотря на то, что данный способ имеет относительно малую погрешности, при возмущении или внешнем воздействии система не может обеспечивать достаточную устойчивость.

Также для того, чтобы повышать качество и надежность продукции и увеличение её работоспособности для исследования системы управления нужно применять автоматизированные стенды. В работе [4] была рассмотрена автоматизация стенда системы контроля уровня и температуры резервуарного парка. Описанная система разработана на основе трёхуровневой модели, которая представляет собой аппаратно-программное средство для контроля физических параметров системы. Следует отметить, что данная система имеет сложную многофункциональную конструкцию, которая позволяет обеспечить повышение надежности работы благодаря резервированию.

На сегодняшний день трубопроводный транспорт является популярным и оперативным в водоснабжении и нефтяной промышленности, в частности при подаче продукции из сложных мест добычи. Контроль состояния трубопроводного транспорта является актуальной задачей в современном производстве. В работе [5] была представлено моделирование нефтепровода с применением программного

обеспечения Stoner Pipeline Simulator, представляющего собой среду для моделирования потоковых магистральных трубопроводов.

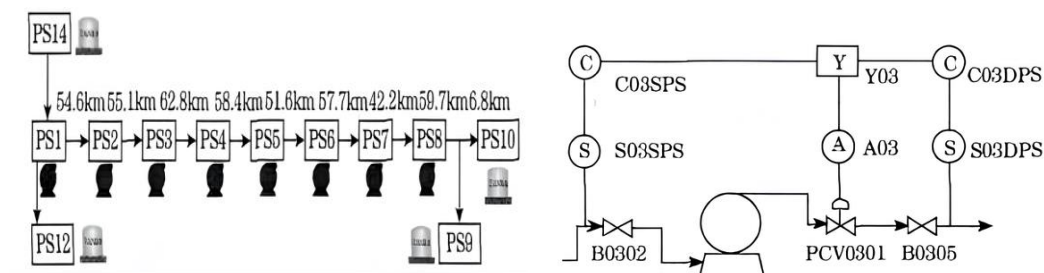


Рис. 2. Схема распределения нефтепровода и его системы управления

Суть данного метода контроля состоит в следующем: сравниваются давления на входе нефтепровода и на его выходе, разность найденного давления преобразует сигнал на управляющем реле, далее механизм выполняет соответствующие корректирующие действия. Недостатком данной системы управления является низкая точность и малая чувствительность.

Способ, указанный в [6], можно применять в сфере нефтегазодобывающей, пищевой и других промышленных областях. Данный способ основан на измерении разности во времени давления жидкости в одном сечении трубопровода, при этом измерение происходит с заданной частотой, выбранной так, чтобы переходный процесс для выбранной величины вышел на установившееся значение.

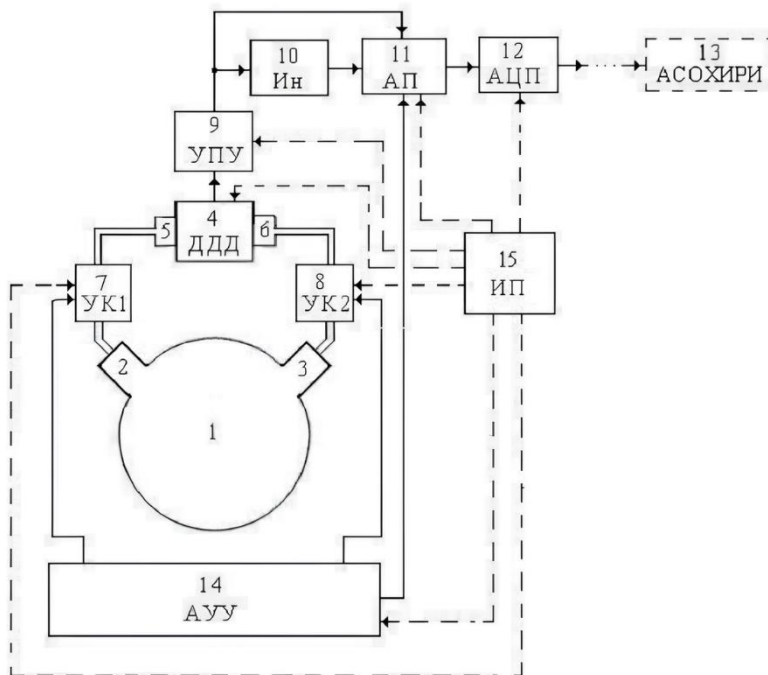


Рис. 3. Схема устройства для измерения изменений во времени давления жидкостей или газов: 1 – контролируемый объект, 2, 3 – отводные штуцеры, 4 – дифференциальный датчик давлений, 5, 6 – входы, 7, 8 – состояние управляемых клапанов, 9 – усилительно-преобразующее устройство, 10 – инвертор, 11 – автоматический переключатель, 12 – аналого-цифровой преобразователь, 13 – автоматическая система обработки, хранения результатов измерений

Как видно из рис. 3, в итоге измерения получается зависимость от времени изменений давления в объекте 1, на входах 5 и 6 датчика давления, и состояний управляемых клапанов 7 и 8.

Предлагаемый в [6] способ определения скорости изменения давления жидкостей или газов в резервуарах применим для улавливания малых изменений давления в резервуаре, что говорит о его высокой чувствительности.

## Заключение

В представленной работе выполнен обзор различных измерительных систем, которые могут быть применимы для автоматического управления физическими параметрами с целью повышения точности и надежности работы промышленных технических устройств.

## Список использованных источников литературы

1. Системы автоматического регулирования – Текст : электронный // Технические науки. – URL: <https://opiobjektid.tptlive.ee/Automatiseerimine/13.html> (дата обращения 22.09.2023).
2. Кочумеев В.А., Трубачев А.А., Стукач О.В. Система автоматизированного измерения уровня сред в технологических резервуарах // Сборник трудов X Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Молодёжь и современные информационные технологии». – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – С. 402–403.
3. Пат. 1 797 322 С Российская Федерация, С МПК G01M 3/26. Способ определения скорости изменения давления в емкости при контроле герметичности / А. П Куршин, Б. Э. Канищев; заявитель и патентообладатель Центральный аэродинамический государственный институт им. проф. Н.Е. Жуковского. – № 4875913/28; заявл. 01.08.1990; опубл. 09.02.1995.
4. Матлахов В.П., Хандожко В.А., Агеенко А. В., Автоматизация стенда системы контроля уровня и температуры резервуарного парка // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. – 2023. – №1 (19) – С. 4–11.
5. Li Xin-ze, Yan Wei, Liu Jian-wu. Application of SPS Simulator in Pressure Automatic Control System of Oil Pipeline // Shengli Engineering & Consulting Corporation, Dongying 257026, China. – Vol. 13, № 5 – P. 14–16.
6. Пат. 2 690 010 С1 Российская Федерация, С МПК G01L 13/00. Устройство для измерения изменений во времени давления жидкости или газа / А.М. Малышенко, Т.Е. Мамонова; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – № 2018124664; заявл. 06.07.2018; опубл. 30..05.2019

## ПРОВЕДЕНИЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВТОРОГО КОНТУРА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ РЕАКТОРА ИРТ-Т МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

*Кублинский М.К.<sup>1</sup>, Смольников Н.В.<sup>2</sup>, Наймушин А.Г.<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup> ТПУ, ИЯТШ, гр. АЗ-43, e-mail: mkk4@tpu.ru*

*<sup>2</sup> ТПУ, УНЦ ИЯР, Инженер-физик, e-mail: nvs38@tpu.ru*

*<sup>3</sup> ТПУ, ИЯТШ, Доцент ОЯТЦ, e-mail: agn@tpu.ru*

### Введение

Реактор ИРТ-Т имеет конструкцию бассейнового типа, заполненную деминерализованной водой, выполняющей три функции: отражателя, теплоносителя и замедлителя.

В Сибири и на Дальнем Востоке нет другого подобного реактора. На нем проводятся различные исследования в области ядерной физики, радиобиологии и нейтронно-активационного анализа. Любые виды геохимических исследований, производство радиофармпрепаратов и производство легированного кремния.

Контуры охлаждения состоят из пяти теплообменников поверхностного типа с площадью теплопередачи 200 м<sup>2</sup> на каждый. Теплоноситель второго контура — это обычная вода из артезианской скважины, которая относительно полна примесей, грязи и других предметов, которые могут загрязнять внутритрубное пространство теплообменников. Теплообменники очищаются каждый год, но процесс не оптимизирован, это делается в соответствии с календарным планом.

Актуальность данной работы заключается в том, что поддержание надлежащих условий эксплуатации исследовательских ядерных установок является важным фактором обеспечения безопасности и проведения высокотехнологичных исследований.

Цель работы – разработать модель машинного обучения системы охлаждения ИРТ-Т для оценки и прогнозирования перепада температур во втором контуре

Задачи работы:

- рассмотреть методы моделирования с использованием машинного обучения;
- разработать уникальное программное обеспечение предварительной обработки для оценки данных SCADA-системы;
- оценить влияние трансформаторов предварительной обработки на точность обучения;
- оценить наилучшую модель машинного обучения на основе временных рядов и значений по умолчанию (80/20).

### Описание алгоритма

Первым шагом было создание обобщенного справочника для комфортной совместной работы и внесения исправлений между мастером и супервизором. С этой целью ноутбук с домашней версией Windows 10 был обновлен путем загрузки пакетов WSL и Ubuntu, что позволило работать с Linux внутри Microsoft Visual Studio Code без переключения между системами, установленными на ноутбуке.

После этого необходимо было понять, что машинное обучение связано с огромным объемом данных, поэтому необходимо было брать их из какой-то базы данных. В 2019 году была модернизирована система технологического контроля ИРТ-Т и внедрена система SCADA. Система SCADA предоставляет оператору всю необходимую информацию, а также работает в качестве сборщика архивов с момента внедрения.

Во время операций с данными было замечено, что данные записываются в базу в разном числовом формате и с разными временными интервалами [1]. Для правильного анализа все данные должны находиться в одних и тех же числовых и временных границах, поэтому изначально было необходимо составить preprocessing.py файл для его последующего использования в анализе.

Хорошо видно и очевидно, что расход воды со временем уменьшается из-за процесса засорения и различных режимов работы насосов. Но несмотря на то, что площадь теплообмена одинакова для всех теплообменников, расход для каждого из них разный, и это является причиной индивидуального расчета каждого из них. В качестве примера, анализ представлен на рис. 1, где можно увидеть изменение расхода через один из теплообменников.



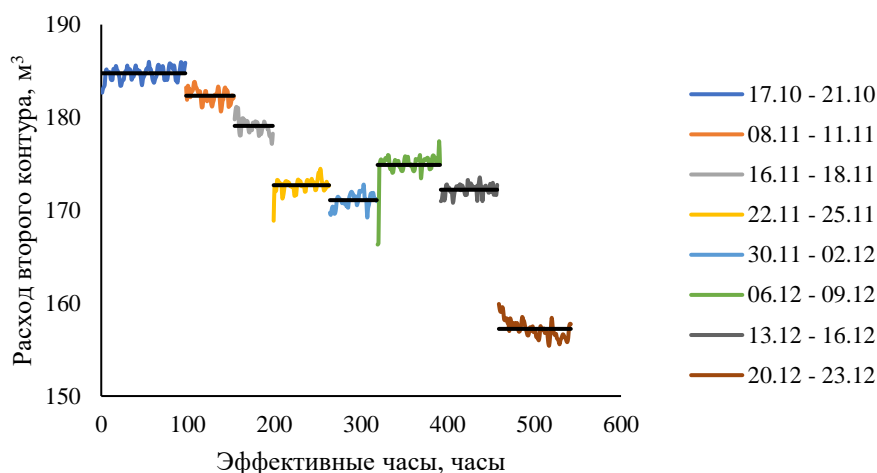


Рис. 1. Изменение расхода четвертого теплообменника второго контура

При изменении временных интервалов в наборе данных и в реальных условиях температура наружного воздуха также изменялась, и это является важным фактором для анализа работы системы охлаждения.

Существуют прямые значения, которые берутся из файла .csv, и косвенные значения, которые вычисляются на основе этих значений – такими значениями являются тепловая мощность и значение перепада температур.

Действительно важно отметить, что значение тепловой мощности делится на 4 поровну с количеством работающих теплообменников. Для упрощения расчетов предполагается, что тепловая мощность для каждого теплообменника одинакова (на самом деле, это не так). Графическое представление изменения тепловой мощности с течением времени показано на рис. 2.

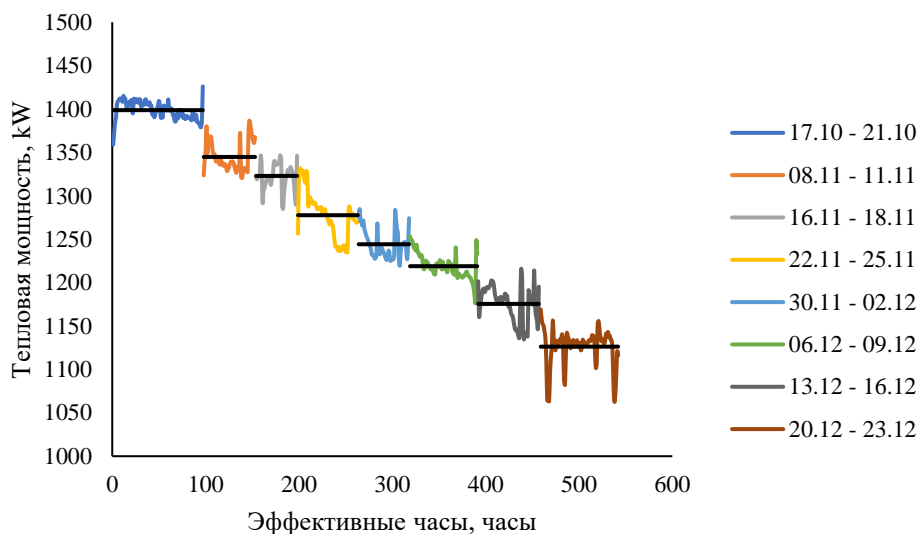


Рис. 2. Изменение средней тепловой мощности на один теплообменник

Из этого ясно видно, что величина тепловой мощности со временем уменьшается, что относительно очевидно из-за засорения труб внутри теплообменника. Итак, задача состоит в том, чтобы оценить значение перепада температур, используя все приведенные данные.

Прежде чем перейти к этой модели, были сделаны следующие предположения. Было решено, что наиболее важными параметрами для анализа являются:

- Температура перед теплообменниками.
- Температура наружного воздуха.
- Токи вентиляторов градирни.
- Разница температур на теплообменниках.

Для правильного изучения модели необходимо построить тепловую карту параметров, показанную на рис. 3, чтобы увидеть корреляцию между параметрами.

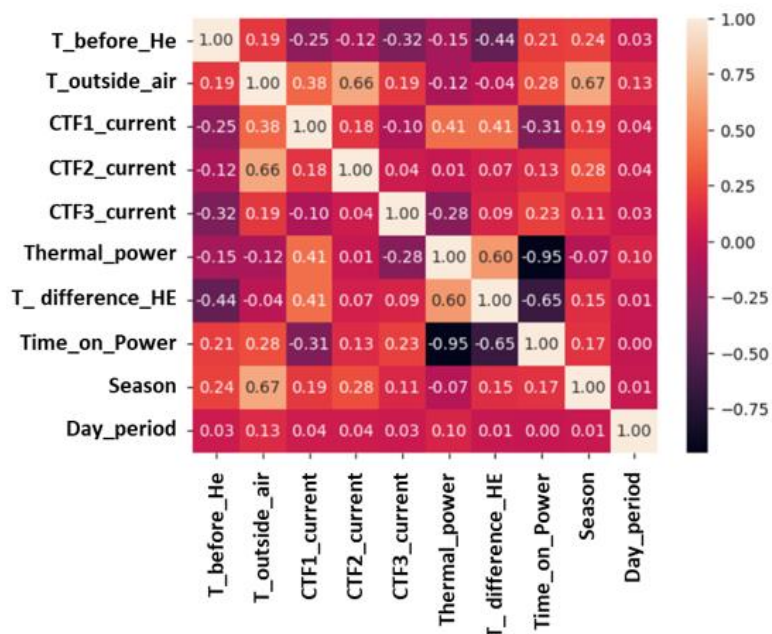


Рис. 3. Тепловая карта параметров, для отслеживания их корреляции

Разделение по умолчанию (80/20) для тренировок показывает очень хороший результат. Используя простой квадратный анализ для всего интервала набора данных, были получены такие результаты [2].

Конечный результат представлен в виде графиков из временных рядов (рис. 4), где синяя линия – реальное состояние, а черная - тестирование модели на неизвестных данных.

Самое главное, что модель видит пики данных, отклонение от реального состояния составляет не более  $0,1 \div 0,2$  °C.

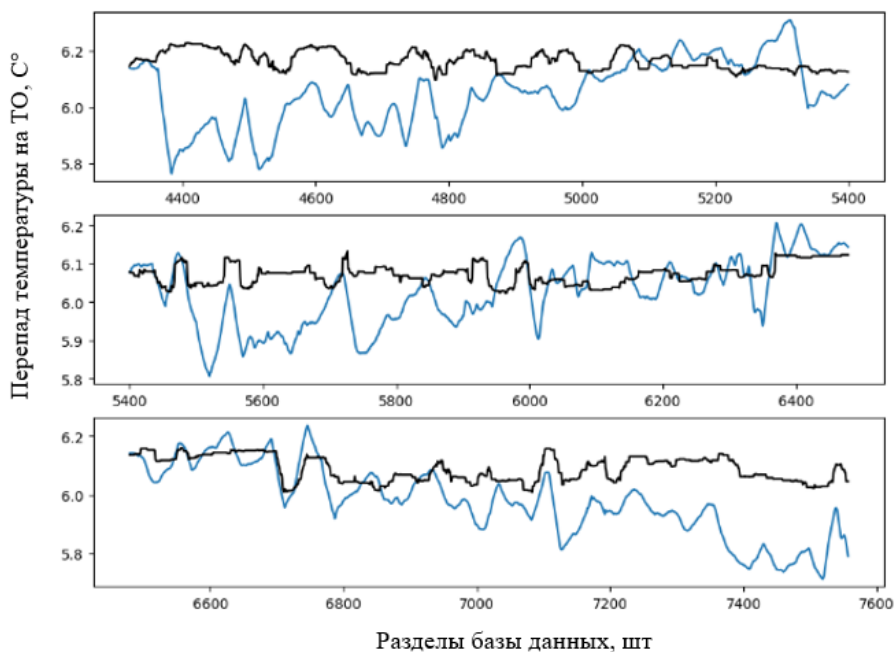


Рис. 4. Анализ методом временных рядов

Даже эта версия модели может быть использована в производственных процессах. Это отклонение может быть сглажено добавлением большего количества данных и тренингов, что является перспективой для развития данного исследования.

### **Заключение**

В рамках исследования был проведен обзор различных методов моделирования с использованием машинного обучения. Для этого исследовательского случая наиболее оптимальным, по-видимому, является контролируемое обучение с регрессией.

Уникальная утилита CSV Refactorer была разработана как программное обеспечение для предварительной обработки CSV-файлов из простой SCADA-системы. Это позволяет реконструировать файлы, разделить столбцы и изменить временные границы за 1 час.

Для этого исследования была использована сборка Transformers (OneHotEncoder + StandardScaler), чтобы сделать данные более понятными для машинной модели. Это позволяет снизить погрешность моделирования и повысить точность на 20 %.

Была произведена оценка различных моделей машинного обучения. Согласно полученным данным о разнице температур, наилучшие результаты дает регрессорная модель с градиентным повышением с точностью около 0,1 °С.

Используя эту модель для оценки персонала за месяц и неделю, уже можно было бы получить точность прогноза 90 %.

### **Список использованных источников**

1. Sokhina S.A. Machine learning. Machine learning methods / S.A. Sokhina, S.A. Nemchenko // Modern science in the conditions of modernization processes: problems, realities, prospects: Collection of scientific articles based on the materials of the V International Scientific and Practical Conference, Ufa, April 30, 2021. – Ufa: Limited Liability Company «Scientific Publishing Center «Bulletin of Science», 2021. – pp. 165-168. – EDN BKEJKF.

2. Kawaguchi Sh., Sato Y., Nakayama H. et al. Machine Learning Model for Analyzing Learning Situations in Programming Learning // 2018 IEEE 3rd International Conference on Big Data Analysis, ICBDA 2018 : 3, Shanghai, 09–12 March 2018. – Shanghai, 2018. – P. 74-79. – DOI 10.1109/ICBDAA.2018.8629776. – EDN CMGSAL.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЕГО ПОЧЕРКА С СОДЕРЖАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Калько А.И.<sup>1</sup>, Наранович О.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Барановичский государственный университет, старший преподаватель инженерного факультета,  
e-mail: [lexa170594@mail.ru](mailto:lexa170594@mail.ru)

<sup>2</sup>Барановичский государственный университет, доцент инженерного факультета,  
e-mail: [lexa170594@gmail.com](mailto:lexa170594@gmail.com)

## Введение

В современном информационном обществе вопросы безопасности и идентификации играют ключевую роль во множестве приложений и систем. Одним из интересных и актуальных направлений в этой области является идентификация человека по его почерку [1]. Возможность идентификации на основе уникальных особенностей почерка может найти применение в банковской сфере, медицинских системах, аутентификации в цифровых устройствах и многих других областях.

Целью данного исследования является проектирование клиент-серверного приложения, предназначенного для идентификации человека по изображению его почерка. Это приложение сочетает в себе передовые методы машинного обучения, нейронных сетей и средства защиты информации, обеспечивая высокую точность и надежность идентификации.

## Описание алгоритма

Первым шагом в разработке клиент-серверного приложения для идентификации почерка является формулирование задачи и определение целей исследования [2]. Необходимо четко определить, какие задачи будут решаться при помощи данного приложения, и какие результаты планируется достичь.

В качестве исходных данных к приложению выступают:

- индивидуальное задание;
- справочная информация по Microsoft Visual Studio;
- справочная информация по TensorFlow;
- справочная информация по Tesseract;
- задания и методические указания по выполнению курсового проекта;
- изображения почерков в формате png или jpg.

В качестве выходной информации будут выступать:

- модель нейронных сетей;
- библиотеки, используемые в построении нейронной сети;
- набор данных для обучения нейронных сетей;
- подробное пояснение каждого шага обучения нейронных сетей;
- результаты обучения нейронных сетей.

Для разработки приложения необходимо выбрать подходящие технологии и библиотеки. В данном исследовании опираемся на следующие инструменты:

Microsoft Visual Studio: Это интегрированная среда разработки, которая предоставляет множество возможностей для разработки приложений.

TensorFlow: Одна из ведущих платформ для разработки нейронных сетей и глубокого обучения.

Tesseract: Инструмент для оптического распознавания символов (OCR), который может быть использован для анализа почерка.

LightGBM: Мощный алгоритм обучения для создания модели нейронных сетей [4].

Изображения почерков в формате png или jpg: Входные данные для обучения и тестирования системы.

Модель искусственного нейрона изображена на рис. 1.

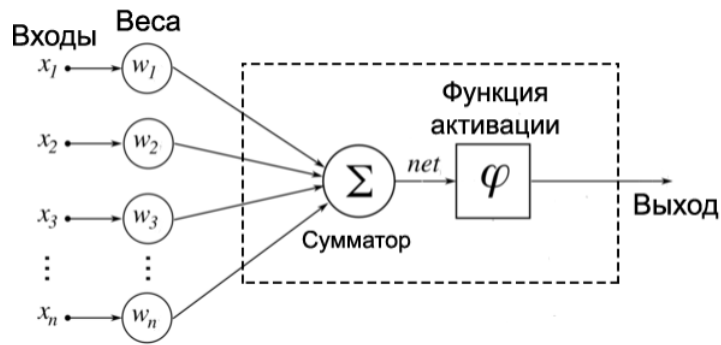


Рис.1. Модель искусственного нейрона

Базовым элементом нейронной сети является узел обработки. Каждый узел обработки суммирует значения своих входов. Затем эта сумма проходит через произвольную функцию активации для получения выходного значения узла [5]. Нейронные сети для задач компьютерного зрения состоят из свёрточной части, которая выделяет характерные признаки в изображении и полносвязной части, которая производит классификацию объекта по характерным признакам.

Для классификации изображений в проекте будет использована нейросеть с архитектурой ResNet50, структура которой изображена на рис. 2.

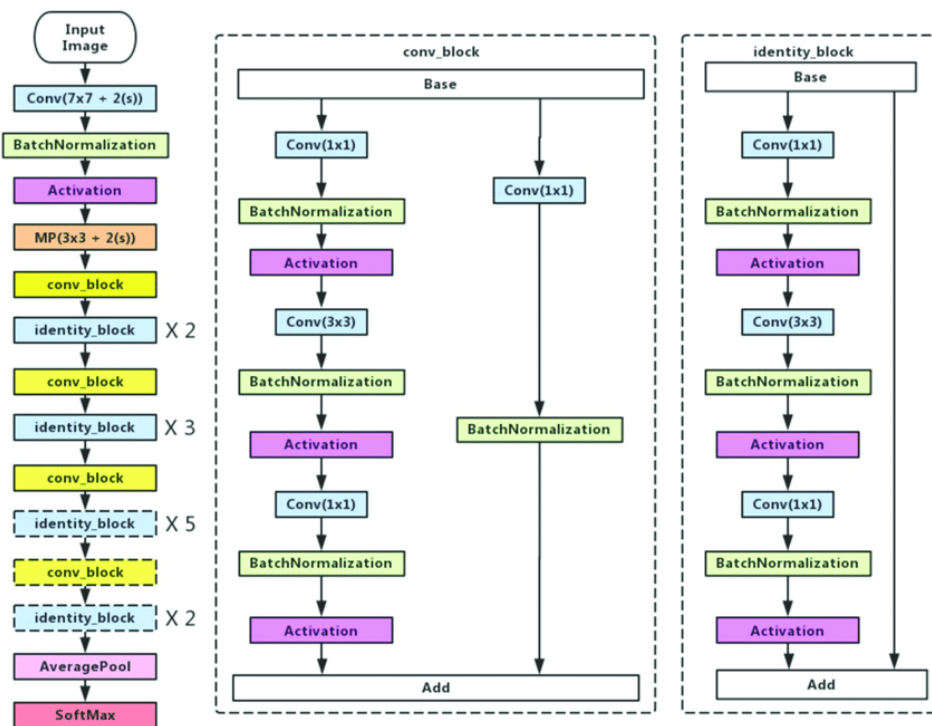


Рис. 2. Архитектура ResNet50

В качестве алгоритма обучения нейронной сети будет использован lightGBM, который использует деревья решений на основе алгоритмов обучения. Он имеет следующие преимущества [6]:

- 1) повышенная эффективность обучения;
- 2) низкое использование памяти;
- 3) высокая точность;
- 4) поддержка параллельного обучения;
- 5) возможность обработки крупномасштабных данных.

Пример сетевой архитектуры для ImageNet изображён на рис. 3.



Слева: модель VGG-19 (19,6 млрд. FLOP) в качестве эталона. Посередине: простая сеть с 34 слоями (3,6 млрд. FLOP). Справа: ResNet с 34 слоями (3,6 миллиарда FLOP). Пунктирные быстрые соединения увеличивают размерность.

Процесс обучения предполагает наличие лишь вводных данных. Алгоритмы обучения нейронных сетей корректируют весовые коэффициенты таким образом, чтобы нейронная сеть могла из схожих по некоему принципу данных на «входе» выдать результат, обнаруживающий другие взаимосвязи и закономерности между этими данными [7]. В процессе обучения происходит выделение параметров, характерных для моделей обучающего материала, и дальнейшее объединение этих моделей в группировки по схожим признакам.

Процесс обучения делится на несколько шагов:

- 1) значения пикселей каждого изображения передаются во входной слой нейронной сети;
- 2) они проходят в скрытые слои, где они умножаются на веса, складываются, смещаются и поступают в соответствующую функцию активации;
- 3) на выходе из функции ReLU извлекается вероятность для каждого из классов;
- 4) после результат сравнивается с целевой переменной, делается расчёт ошибки;
- 5) алгоритм оптимизации стремится уменьшить ошибку и соответствующим образом меняет веса;
- 6) процесс повторяется, но уже с новыми весами.

Функция ReLU является наиболее распространенным выбором функции активации в мире глубокого обучения [8]. Данная функция обеспечивает самые лучшие результаты и в то же время очень эффективна с точки зрения вычислений. Концепции функций ReLU, Softmax, Сигмоида также будут реализованы в программном продукте.

## Заключение

Удалось выяснить, что в зависимости от реализации, нейросети требовательны к трём ключевым компонентам, от которых они зависят: тип задачи, время и объем информации. В случае, если задача является сложной для нейросети, тогда нужно обучать её полностью, не используя заморозку слоёв, так как хоть заморозка слоёв и значительно снижает время, которое нейросеть затрачивает на обучение, но использовать её можно только в случаях, когда нейросеть сталкивается с простой задачей, схожей с задачей, которую решает исходная сеть. Исходя из данного исследования необходимо проектировать данное клиент-серверное приложение.

## Список использованных источников

1. Калько А.И. Система идентификации рукописных текстов как объект защиты и обработки массового объема документов / А.И. Калько // BIG DATA и анализ высокого уровня : СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ IX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ В двух частях , Минск, 17–18 мая 2023 года. Том Часть 1. – Минск : БГУИР, 2023. – С. 276–284.
2. Калько А.И. Идентификация изображения рукописного текста / А.И. Калько, О.И. Наранович // Экономика, технологии и право в современном мире : материалы Междунар. науч.-практ. конф. фак. экономики и права и инженерного фак., Барановичи, 20 окт. 2016 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Барановичский гос. ун-т ; редкол. А. В. Никишова (гл. ред.) [и др.]. – Барановичи : БарГУ, 2017. – С. 82–84.
3. Наранович О.И. Автоматизированная система сегментации изображения / О.И. Наранович, А.И. Калько // Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий : Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции, Балаково, 23 апреля 2021 года. Том 1. – Балаково : Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2021. – С. 217–222.
4. Калько А.И. Распознавание автомобильных номеров с использованием нейронной сети / А.И. Калько, О. И. Наранович // Содружество наук. Барановичи-2016 : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей, Барановичи, 19–20 мая 2016 г. : в 3 ч. : Ч. 2 / М-во образования Респ. Беларусь, Барановичский гос. ун-т, Студенч. науч. о-во БарГУ ; редкол.: А.В. Никишова (гл. ред.) [и др.]. – Барановичи : РИО БарГУ, 2016. – С. 82–84.
5. Бобко М.И. Сетевая архитектура распознавания образов для определения людей с лишним весом / М.И. Бобко, А.И. Калько // Инновации. Интеллект. Культура : материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 435-летию основания г. Тобольска, году Даниила Чулкова в г. Тобольске, Тобольск, 22 апреля 2022 года. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2022. – С. 138–141.
6. Ананько А.В. Распознавание контуров объектов и образов на изображении / А.А. Ананько, А.И. Калько // Наука – практике : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 13 мая 2021 г. : в

3 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т, редкол.: В. В. Климук (гл. ред.) [и др.]. – Барановичи : БарГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 7–9.

7. Калько А.И. Программный комплекс «распознавание текстовых фраз» с оптимизацией точности определения рукописного текста / А.И. Калько // 73-я Международная студенческая научно-техническая конференция : материалы конференции, Астрахань, 17–22 апреля 2023 года. – Астрахань : Астраханский государственный технический университет, 2023. – С. 714–716.

8. Калько А.И. Идентификация рукописного текста с использованием рекуррентных нейронных сетей / А.И. Калько // Цифровые технологии в науке и образовании : сборник статей по материалам IX Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Нижний Новгород, 01–31 мая 2023 года / Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина. – Нижний Новгород: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина, 2023. – С. 66–70.



## КУЛЬТУРА ДАННЫХ В АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Горбунова В.В.<sup>1</sup>, Вознюк П.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский колледж телекоммуникаций им. Э.Т. Кренкеля, группа К-521,  
[gorbunovaviktoria2005@gmail.com](mailto:gorbunovaviktoria2005@gmail.com) / [polik.v2005@mail.ru](mailto:polik.v2005@mail.ru)

### Введение

В настоящее время аналитические системы играют важную роль в цифровом мире. На сегодняшний день сложно представить сферы, такие как IT, retail, финансы, здравоохранение, игровая индустрия, киберспорт, телеком, маркетинг и т.п. без использования Big Data. Это большие области, использующие колоссальные объемы информации. Но как же справиться с этими данными? Как правильно их интерпретировать, использовать и направлять в сторону развития области использования, для прогнозирования, облегчения и улучшения работы? Как раз в этом помогает аналитика этих данных. Существуют аналитические системы, которые помогают организациям собирать, анализировать и визуализировать данные для принятия обоснованных и эффективных решений.

Целью работы является исследование термина “культура данных”, его значение с технической точки зрения, и среда его использования (аналитические системы), сравнение способов проверки достоверности данных, входящих в аналитические системы и выходящих из нее, и выявление наиболее эффективного, основываясь на культуре данных. Объектом исследования непосредственно будет являться понятие “культура данных” и сами аналитические системы. В статье подробно будут рассматриваться пути использования культуры данных, все плюсы и минусы её использования в аналитических системах.

В настоящее время культура данных имеет огромное значение в информационном мире. Необходимость проверки коэффициента доверия к информационному источнику крайне важна при любой работе с данными. В частности, при работе с аналитическими системами, ведь при анализе важна правильность и актуальность информации, следовательно одним из аспектов хорошего результата будет непосредственно культура используемых данных.

В статье впервые культура данных будет рассмотрена в контексте технического и цифрового развития, влияющая на работу с кадрами, мотивацию сотрудников на предприятии (вследствие на производство).

### Основная часть

В статье с помощью теоретического метода исследования (классификация, типология, изучение литературы) представлена информация о аналитических системах. Также использован эмпирический метод исследования (сравнение, анализ и синтез), с помощью которого выведено понятие культуры данных с технической и информационной точки зрения и выявлены методы повышения культуры используемых данных.

В современном обществе количество информации растет с каждой минутой, люди уже не могут вручную справиться с аналитикой гигантских объемов Big Data, вследствие всё чаще обращаются к аналитическим системам. Особенно востребованное такое решение в бизнесе, маркетинге, IT. Информационно-аналитические системы выходят в особый класс информационных систем, который предназначен производить аналитическую обработку данных. В задачи таких систем входит: объединение входных данных, их непосредственный анализ и хранение выходных в общем виде.

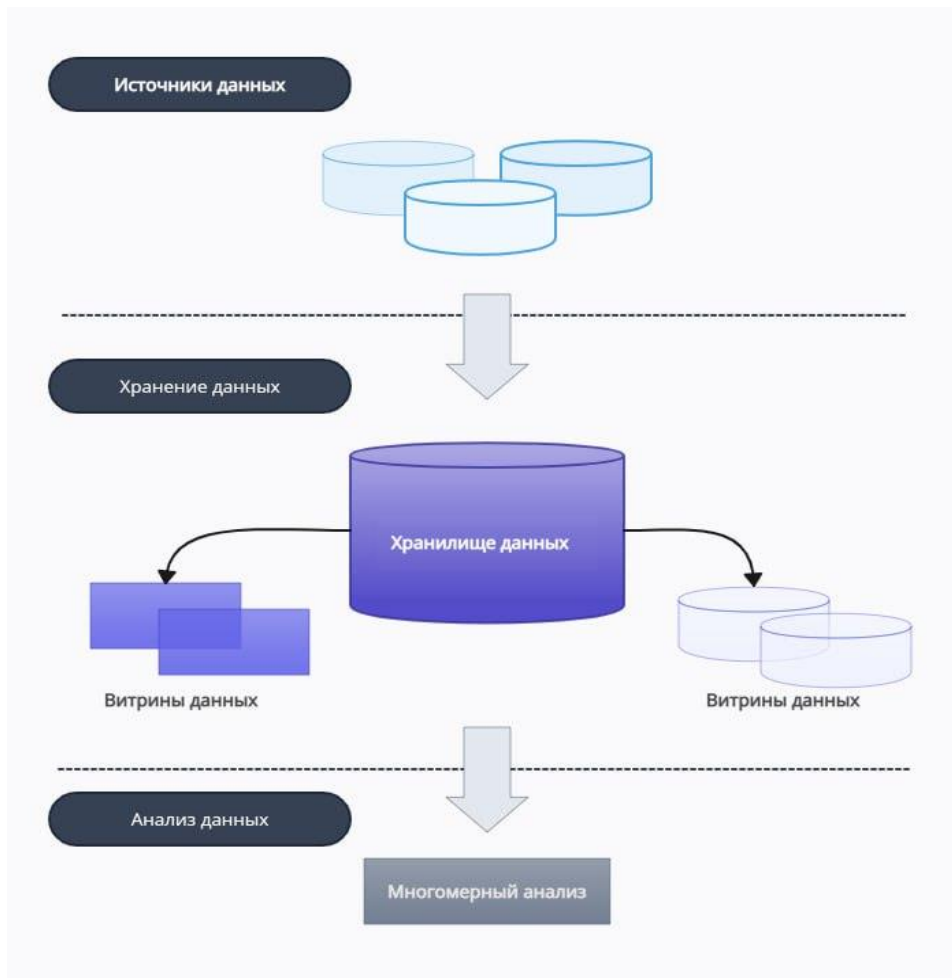
Аналитические системы извлекают информацию, как и из учетных баз данных, к примеру какой-нибудь организации, так и из подходящих внешних источников. В конечном итоге сильно детализированные данные хранилища преобразуются в достоверную информацию, пригодную для опоры принятия решений.

Информационно-аналитические системы можно классифицировать по многим предметным областям, можно выделить две самые большие группы.

1. Оперативные. Главным плюсом такого анализа является скорость – быстрое нахождение требуемой специалисту информации, чтобы разработать решение.
2. Основательные. Глубокое изучение конкретной предметной области. Обычно, такие системы работают на более сложных методах и принципах. Нет четких временных рамок.

Ниже схематично представлена структура информационно-аналитической системы (рис. 1) – три больших уровня без конкретной детализации. Первым уровнем будут являться источники данных –

производится извлечение, преобразование и загрузка всевозможных данных из любых источников, поступающих в хранилище. Второй уровень - хранилище данных, в которой хранятся структурированные данные (с помощью витрин данных) как до анализа, так и после. Третий уровень – это анализ данных, какая-либо программа, которая проводит непосредственную аналитику данных посредством отчетов, произвольных запросов, многомерного анализа и извлечения данных. Доступ осуществляется путем клиент-сервер или Internet.



*Рис.1. Структура информационно-аналитической системы*

Работа аналитических систем очень полезна и востребована, но качество проанализированной информации не всегда может быть достаточно высоким. Отсюда вытекает Культура данных.

Рассмотрим понятия Культуры данных и Хранилища данных в информационно-аналитических системах. Хранилище данных - самый главный компонент аналитической системы, производящий анализ и хранение данных. По сути, это огромный массив данных, главная задача которого структурировать и предоставлять в удобном виде информацию. Данные в хранилище попадают из оперативных систем OLTP и всевозможных внутренних источников. Недостоверность этих данных является серьезной проблемой для конечного структурированного результата, ведь аналитическая система никак не может проверить подлинность входящей информации. Если же некоторые входные данные являются недостоверными, то поднимается вопрос о истинности выходных данных, что может оказать серьезное влияние на работоспособность или прибыль, к примеру предприятия. Также огромное значение имеет коэффициент доверия к источнику информации и анализ вероятности события недостоверных выходных данных. Отсюда и вытекает понятие Культуры данных и её непосредственная необходимость.

Культуру данных можно рассмотреть с двух сторон: технической и информационной. С технической точки зрения «культурными» будут считаться те данные, которые верифицированы, правильно проанализированы и собраны, хранятся верно и корректно отображаются. Под информационной культурой данных понимается умение сотрудников правильно использовать данные, разумно обращаться с ними, безошибочно передавать данные коллегам.

Рассмотрим пример, в котором выходные данные аналитической системы подверглись искажению. В качестве хранилища данных, на производстве часто используют датчики, собирающие данные о температуре и влажности для поддержания стабильного температурного режима. Входящие данные не всегда могут быть чистыми за счет многих факторов. Такими факторами могут быть: аппаратный сбой (неисправность аппаратуры), ошибка сотрудника (к примеру, заклейка датчика сотрудником), внешние факторы (загрязнение датчика). Допустим, кондиционер и обогреватели считывают выходные данные с датчиков, и функционируют, опираясь на них. Как следствие - неправильные условия хранения и порча какого-либо оборудования или товара. Как же спрогнозировать такие сбои?

Точный прогноз таких ситуаций составить практически невозможно. Можно предпринять ряд действий для предотвращения всевозможных сбоев и восстановления системы после них. Самым результативным решением станет повышение Культуры входных данных:

1. Анализ подходящих сотрудников и повышение их квалификации, во избежание сбоев за счет ошибки кадров.

2. Защита доступа. Построение четкой иерархии кадров и их прав доступа к аналитической системе, к данным. Предотвращение несанкционированного доступа и утечки данных.

3. Использование специализированного ПО с целью отслеживания неисправностей, ошибок и оперативной идентификации единицы оборудования.

Культура выходных данных может быть повышена непосредственно улучшением качества входных данных, т.к. анализ недостоверных данных порождает недостоверные выходные данные. Результативные данные также могут быть искажены посредством неправильной работы аналитической системы, даже если первоначальные данные хранилища были правильно собраны. Для повышения культуры будут использоваться те же методы, что и для повышения входных данных.

Для аналитических систем, источником данных которых являются не только локальные базы данных, очень сложно организовать улучшение Культуры данных. Результативные данные могут быть также сильно искажены в связи с: распространенной проблемой CopyPast в Интернете, а также нарушением авторских прав, достоверности информации.

Из возможных вариантов можно организовать проверку информации самой аналитической системой. К примеру, использование четкого алгоритма действий:

1. Использование аналитической системой данных, извлеченных только из подтвержденных, проверенных, верифицированных источников, или источников с высоким уровнем доверия.

2. Выявление первоисточника информации. Очень важно именно выявление первоисточника данных, так как CopyPast может быть произведен из недостоверного источника в проверенный. Как следствие - информация даже в достоверном источнике может являться ложью. Даже если информация в неподтвержденном источнике содержит ссылку на первоисточник, который подтвержден - данные можно считать корректными.

3. Проверка отдельных данных. Это могут быть общеизвестные подтвержденные данные - какие-либо даты, локации, географические объекты, научные факты, имена. Если такие общие данные не совпадают с действительностью, то коэффициент доверия к источнику ставится под вопрос.

Такие аналитические системы будут относиться к основательным - какой-либо предметный анализ. Достоверными результативные данные можно будет считать, если примерно 80 % входных в хранилище данных будут достоверны (полная достоверность информации невозможна).

## **Заключение**

Чтоб подвести итог, можно сказать, что практически невозможно полностью обезопасить аналитическую систему от сбоев, вызванных как «бескультурными» данными, так и внешними факторами. Можно лишь попытаться приведенными способами попытаться минимизировать сбои и включение в хранилище данных некорректных данных, используя приведенные методы защиты. Абсолютно чистые данные получить невозможно, погрешность недостоверности входной и выходной информации всегда будет. Важен тип и назначение информации, получаемой после анализа. При анализе каких-либо, в том числе и узконаправленных данных, не требующих четких рамок точности аналитической системы не

требуются жесткие методы идентификации информации. Назначение этой информации не имеет критического значения, т.е. значение погрешности культуры информации серьезно не повлияет на значимость выходных данных. Если же аналитическая система занимается конкретным оперативным анализом какой-либо предметной области, то погрешность достоверности данных будет иметь важное значение. Такие четкие методы предохранения всей системы, как данных, так и программного и аппаратного обеспечения лучше использовать на производстве, предприятии, в бизнесе.

В дальнейшем ставится вопрос о разработке специализированного ПО, которое смогло бы отслеживать аппаратные или программные сбои. А в перспективе разработка ПО, которое сможет искать первоисточник какой-либо информации по активным ссылкам, сможет проводить его анализ по выстроенному алгоритму действий и оценивать коэффициент доверия обрабатываемого источника.

#### **Список использованных источников**

1. Ерохин В.В., Елисеева Е.В. Верификация данных в инфокоммуникационных сетях // Брянский государственный университет им. И. Г. Петровского. – 2016. – № 11-2(25). – С. 116–119.
2. Алексеева Т.В., Амириди Ю.В., Дик В.В. Информационные аналитические системы. – 2013.
3. Глухарев М.Л. Метод верификации и анализа защищенности баз данных на основе формализации требований целостности. – 2011.
4. Зариковская Н.В. Информационно-аналитические системы управления : учебное пособие. – Москва.
5. Волков И., Галахов И. Архитектура современной информационно-аналитической системы // Директор ИС. – 2022. – № 3.
6. Черкашин Е.А. Аналитические информационные системы. Лекция онлайн. – 2023. – URL [https://www.youtube.com/watch?v=xJqQmbC-KgQ&ab\\_channel=%D0%95%D0%B2%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9%D0%A7%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD](https://www.youtube.com/watch?v=xJqQmbC-KgQ&ab_channel=%D0%95%D0%B2%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9%D0%A7%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD).

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

*Петрова А.А.*

*Университетский колледж при ОГУ, petr1\_13@list.ru*

## Введение

Цель работы. В современном информационном обществе безопасность информации является одной из наиболее актуальных проблем. Ежедневно возрастает угроза несанкционированного доступа к данным утечки информации. Именно поэтому создали программно-аппаратные комплексы и со временем их улучшают, чтобы информация была в состоянии безопасности.

Актуальность. Современное информационное общество сталкивается с растущими угрозами безопасности информации.

Несанкционированный доступ к данным и утечка информации могут привести к серьезным последствиям, включая финансовые потери, утрату доверия клиентов, нарушения законодательства и т.д. в связи с этими угрозами, программно-аппаратные комплексы в области защиты информации становятся все более востребованными и играют важнейшую роль в обеспечении безопасности информации.

Таблица 1

*История развития ПАК*

Года развития ПАК	Что создали?	Вклад в развитие ПАК
1940-е	транзисторы	Уменьшение размеров компьютеров и увеличение их производительности. Благодаря транзисторам стали развиваться ПАКи, объединившие в себе аппаратные и программные компоненты
1960-е	Мини-компьютеры	Более доступны по цене и размерам. Применялись в бизнесе и научных исследованиях
1970-е	Персональные компьютеры (ПК)	Широко распространились из-за доступности и возможности использования дома
1980-е	Компьютерные сети	Объединение ПК в программно-аппаратные комплексы. Появилась возможность обмена информацией и ресурсами между компьютерами
1990-е	Более мощные и функциональные ПК	Появилась возможность обрабатывать большие объемы данных и выполнять сложные задачи
2000-е	Смартфоны и планшеты	Объединяют в себе вычислительную мощность и функциональность компьютера с мобильностью и доступностью мобильных устройств

## Основная часть

Давайте рассмотрим, что же такое программно-аппаратные комплексы, их структуру, принцип работы и как они защищают информацию.

Программно-аппаратные комплексы в области защиты информации представляют собой интегрированные системы, состоящие из программного обеспечения и аппаратного обеспечения.

Они обеспечивают защиту данных путем шифрования, мониторинга сетевой активности, контроля доступа и многих других методов. Комплексы могут быть настроены для работы с различными видами данных и уровней защиты.

Структура программно-аппаратного комплекса:

- сетевая подсистема – набор функций и процедур для организации сетевого взаимодействия контроллера с датчиками и исполнительными устройствами или их эмуляторами;
- подсистема оповещения – набор функций и процедур для организации связи пользователя с системой автоматизации;
- подсистема базы данных – она используется для выполнения функций хранения данных и ведения журнала в системе;
- подсистема обработки правил – главная подсистема контроллера, в целом служит для обработки информации с датчиков и opravке управляющих сигналов исполнительным устройствам.

Основными компонентами программно-аппаратного комплекса являются программы, выполняющие определенные операции, и физическое оборудование, обеспечивающее выполнение этих операций.

Принцип работы программно-аппаратного комплекса заключается в исполнении последовательных шагов, определенных программой. Программа управляет работой аппаратных компонентов, передавая им команды и получая от них результаты выполнения. Взаимодействие между программой и аппаратными компонентами осуществляется с помощью различных протоколов и интерфейсов, обеспечивающих передачу данных и управление.

Можно выделить следующие преимущества программно-аппаратных комплексов:

- программно-аппаратные комплексы позволяют предотвратить несанкционированный доступ к данным и утечку информации, что способствует обеспечению безопасности;
- данные комплексы способны обнаружить и предотвратить новые виды угроз.

Примеры использования программно-аппаратных комплексов:

Программно-аппаратные комплексы успешно применяются в различных сферах деятельности, таких как:

- в банковском секторе они помогают обеспечить безопасность финансовых транзакций и защитить клиентскую информацию;
- в государственных учреждениях комплексы используются для защиты государственных секторов и конфиденциальной информации;
- управление базами данных. Системы обработки запросов от многочисленных пользователей к общему хранилищу информации;
- медицинские исследования. Всё больше методов диагностики человеческих заболеваний автоматизируются для повышения скорости и качества обследований и т.д.

Тенденции развития программно-аппаратных комплексов в области защиты информации:

1. Внедрение новых технологий и инноваций: в современном информационном обществе постоянно разрабатываются и внедряются новые технологии и инновации в области защиты информации. Это включает в себя разработку новых методов шифрования, улучшение алгоритмов мониторинга и контроля доступа, а также создание новых средств обнаружения и предотвращения угроз.

2. Развитие области искусственного интеллекта: искусственный интеллект играет все более важную роль в области защиты информации. С его помощью можно разрабатывать системы, способные автоматически обнаруживать и предотвращать угрозы безопасности.

3. Развитие области облачных технологий: облачные технологии становятся все более популярными и широко используются в различных сферах деятельности. Однако, они также представляют угрозу для безопасности информации. Поэтому разработка программно-аппаратных комплексов, способных обеспечить безопасность данных в облачных средах, становится все более актуальной.

4. Усиление международного сотрудничества: в свете все более сложных и глобальных угроз безопасности информации, международное сотрудничество становится все более важным. Различные страны и организации должны объединять свои усилия для разработки и внедрения программно-аппаратных комплексов, способных эффективно бороться с угрозами безопасности.

Программно-аппаратный комплекс играет ключевую роль в современном мире в различных сферах деятельности, таких как:

1. Производительность.

Программно-аппаратные комплексы позволяют создавать высокоэффективные и производительные системы. Благодаря оптимальной работе аппаратных устройств и оптимизированным программным инструментам, комплексы обеспечивают максимальную скорость и работоспособность.

2. Работа в реальном времени.

Некоторые задачи требуют обработки данных в режиме реального времени. Программно-аппаратные комплексы позволяют осуществлять такую обработку благодаря особой архитектуре и специализированной аппаратуре. Это важно в сферах, связанных с автоматизацией процессов, управлением технологическим оборудованием и других критических задачах.

### 3. Масштабируемость и гибкость.

Программно-аппаратные комплексы могут быть легко масштабируемыми и гибкими. Это позволяет увеличивать мощность системы и вводить изменения в программное и аппаратное обеспечение без больших затрат времени и ресурсов. Такая возможность особенно важна в условиях быстро меняющихся требований и сценариев использования.

### 4. Безопасность и надежность.

Программно-аппаратные комплексы позволяют создавать более надежные и безопасные системы. Это достигается за счет использования специальных механизмов и оборудования, таких как проверка целостности данных, шифрование и контроль доступа. Такие комплексы активно применяются в сферах, связанных с финансовыми операциями, защитой информации и другими задачами, требующими высокой степени безопасности.

### 5. Инновации и развитие.

Программно-аппаратные комплексы стимулируют развитие и инновации в различных сферах деятельности. Они позволяют совершенствовать и оптимизировать процессы, увеличивать производительность и вводить новые технологии. Без таких комплексов было бы гораздо сложнее осуществлять прогресс и достигать новых высот в науке, промышленности, медицине и других отраслях.

Рекомендации по внедрению программно-аппаратных комплексов:

Для успешного внедрения программно-аппаратных комплексов в организации рекомендуется провести анализ потребностей и выбрать подходящие комплексы. Также необходимо разработать план внедрения и обучения пользователей, а также организовать сопровождение и поддержку системы.

Внедрение системы мониторинга и оповещения о чрезвычайных ситуациях (ЧС) на базе ПАК «Стрелец-Мониторинг» может быть осуществлено в различных сферах деятельности, где требуется оперативное реагирование на возможные угрозы и ЧС. Ниже приведены некоторые из таких сфер:

1. **Общественная безопасность:** Система мониторинга и оповещения может быть использована правоохранительными органами для отслеживания преступлений, контроля общественного порядка и предотвращения террористических актов.

2. **Промышленность:** в промышленных объектах, таких как заводы, электростанции и другие, система мониторинга и оповещения может использоваться для обнаружения и предотвращения аварийных ситуаций, включая пожары, утечки опасных веществ и технические сбои.

3. **Транспорт:** в систему мониторинга и оповещения можно интегрировать данные о движении транспорта, чтобы обеспечить безопасность на дорогах, контролировать скоростные режимы и предотвращать дорожно-транспортные происшествия.

4. **Медицина:** в медицинских учреждениях система мониторинга и оповещения может использоваться для контроля за состоянием пациентов, обнаружения аварийных ситуаций и своевременного реагирования на них.

5. **Городская инфраструктура:** система мониторинга и оповещения может быть применена для контроля за состоянием городской инфраструктуры, такой как мосты, дамбы, туннели и другие объекты, чтобы предотвратить их повреждение и обеспечить безопасность горожан.

Внедрение системы мониторинга и оповещения о ЧС на базе ПАК «Стрелец-Мониторинг» следует проводить с учетом конкретных потребностей и характеристик каждой сферы деятельности.

## **Заключение**

В ходе написания статьи были выполнены следующие задачи:

Были расписаны структура и принципы работы программно-аппаратных комплексов, их возможности, преимущества и эффективность.

Был выполнен анализ системы мониторинга и оповещения о чрезвычайных ситуациях (ЧС) на базе ПАК «Стрелец-Мониторинг», т.е. как лучше его внедрить и в каких сферах. Внедрение должно быть осуществлено в таких сферах деятельности, где требуется оперативное реагирование на возможные угрозы и ЧС. Это такие сферы, как: общественная безопасность, промышленность, транспорт, медицина и городская инфраструктура.

Расписана статистика использования ПАК на конец 2022 года. А также расписаны тенденции развития программно-аппаратных комплексов.

Тенденции развития программно-аппаратных комплексов в области защиты информации включают в себя внедрение новых технологий и инноваций, развитие области искусственного интеллекта, развитие области облачных технологий и усиление международного сотрудничества.

Программно-аппаратные комплексы применяются в различных сферах деятельности, таких как банковский сектор, государственные учреждения, управления БД, медицинские исследования. Рекомендации по внедрению таких комплексов включают анализ потребностей, выбор подходящих комплексов и организацию сопровождения системы.

#### **Список использованных источников**

1. Казарин О.В. Программно-аппаратные средства защиты информации. Защита программного обеспечения: учебник и практикум для вузов / О.В. Казарин, А.С. Забабурин. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 312 с.
2. Казарин О.В. Надежность и безопасность программного обеспечения: учебное пособие для вузов / О.В. Казарин, И.Б. Шубинский. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 342 с.
3. Зенков А.В. Информационная безопасность и защита информации: учебное пособие для вузов / А.В. Зенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 107 с.
4. Организационное и правовое обеспечение информационной безопасности: учебник и практикум для вузов / под редакцией Т.А. Поляковой, А.А. Стрельцова. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 325 с.
5. Волк В.К. Информатика: учебное пособие для вузов / В.К. Волк. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 207 с.
6. Электротехника и электроника в 3 т. Том 3. Основы электроники и электрические измерения: учебник и практикум для среднего профессионального образования / Э.В. Кузнецов, Е.А. Куликова, П.С. Культасов, В.П. Лунин; под общей редакцией В. П. Лунина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 234 с.
7. Макуха, В. К. Микропроцессорные системы и персональные компьютеры: учебное пособие для вузов / В.К. Макуха, В.А. Микерин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 156 с.
8. Внуков А.А. Основы информационной безопасности: защита информации: учебное пособие для среднего профессионального образования / А.А. Внуков. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 161 с.
9. Казарин О.В. Программно-аппаратные средства защиты информации. Защита программного обеспечения: учебник и практикум для среднего профессионального образования / О.В. Казарин, А.С. Забабурин. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 312 с.
10. Расследование преступлений в сфере компьютерной информации и электронных средств платежа: учебное пособие для вузов / С.В. Зуев [и др.]; ответственные редакторы С.В. Зуев, В.Б. Вехов. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 243 с.



# СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ СЕТЕЙ

*Дорогин Д.О.*

*Университетский колледж ОГУ, daniladorogin23@gmail.com*

## **Введение**

Цель работы: с ростом числа угроз со стороны хакеров и злоумышленников, защита сетей становится все более актуальной проблемой в современном информационном обществе. Традиционные методы защиты уже не могут гарантировать безопасность информации, поэтому необходимо разрабатывать и применять новые подходы к защите сетей. В данной статье будут рассмотрены современные методы защиты, которые могут помочь в борьбе с угрозами и обеспечить безопасность информации.

Актуальность. В современном информационном обществе все больше зависит от работы компьютерных сетей. Они используются для передачи и хранения больших объемов информации, включая личные данные, финансовые транзакции и коммерческую информацию. Поэтому защита сетей становится важной задачей для предотвращения утечек информации и финансовых потерь. Традиционные методы защиты уже не могут эффективно противостоять новым методам атак, поэтому необходимо разрабатывать и применять современные методы защиты сетей.

## **Основная часть**

Люди повседневно используют компьютерные сети в своей жизни. Но для безопасного использования необходимо защищать их. Люди придумывают по мере необходимости новые методы защиты сетей и совершенствуют. Давайте рассмотрим два современных метода защиты сетей: искусственный интеллект и блокчейн-технологии.

Искусственный интеллект (ИИ) может использоваться для обнаружения и предотвращения угроз, анализа данных, идентификации вредоносных программ и повышения общей безопасности сетей. Существует множество способов, как искусственный интеллект может быть использован в качестве метода защиты сетей. Это такие способы, как:

1. Обнаружение и анализ аномальной активности: ИИ может быть использован для обнаружения аномальной активности в компьютерных сетях. Он способен анализировать большие объемы данных из различных источников, включая журналы событий, сетевой трафик и информацию о поведении пользователей, и определять необычные или вредоносные паттерны. Это позволяет раннее обнаружение потенциальных угроз и атак.

2. Идентификация вредоносного программного обеспечения: ИИ может быть использован для идентификации и классификации вредоносного программного обеспечения на основе анализа кода, паттернов поведения или сигнатур. Он может обнаруживать новые варианты вирусов, троянов, червей и других типов вредоносных программ, которые ранее не были известны.

3. Анализ угроз и прогнозирование: Искусственный интеллект может использоваться для анализа угроз безопасности и прогнозирования потенциальных уязвимостей и атак. Он может анализировать данные, такие как новости о безопасности, уязвимости, сигналы инцидентов, и использовать их для оценки рисков и принятия предварительных мер для предотвращения атак.

4. Автоматизация реакции на инциденты: ИИ может быть использован для автоматизации процесса реагирования на инциденты. Он может распознавать и классифицировать инциденты, проводить первичную оценку, принимать соответствующие меры, отправлять предупреждения администраторам и настраивать средства защиты в режиме реального времени.

5. Улучшение систем подделки содержания: Искусственный интеллект может быть использован для обнаружения фальшивых или поддельных данных, таких как фишинговые и мошеннические веб-сайты, угрозы социальной инженерии и фальшивые электронные письма. Он может анализировать содержимое и контекст, проверять доверенные источники и обнаруживать попытки обмана.

Блокчейн-технологии могут использоваться как метод защиты сетей благодаря своим основным принципам: децентрализации, непрерывности и прозрачности. Рассмотрим подробнее эти принципы.

Децентрализация: в блокчейне нет центрального узла или сервера, контролирующего все операции. Вместо этого, данные хранятся и обрабатываются на множестве узлов, распределенных по всей сети. Это делает блокчейн устойчивым к одиночным точкам отказа и злоумышленникам, которые могут попытаться атаковать или изменить данные.

**Непререкаемость:** каждая транзакция в блокчейне подписывается криптографическими ключами и добавляется в блок, который затем связывается с предыдущим блоком. Это создает цепочку блоков, которая невозможна для изменения без консенсуса большинства участников сети. Это значит, что данные в блокчейне нельзя подделать или удалить без следов.

**Прозрачность:** все транзакции в блокчейне являются общедоступными и видимыми для всех участников сети. Это позволяет обнаруживать и предотвращать мошенничество и несанкционированные операции. Кроме того, блокчейн может использоваться для проверки подлинности данных, так как любые изменения будут видны всем участникам сети.

Так как мы рассматриваем методы защиты сетей, необходимо понять, что такое компьютерная сеть.

Компьютерная сеть – это совокупность компьютеров, взаимосвязанных через каналы передачи данных для обеспечения обмена информацией и коллективного доступа пользователей к аппаратным, программным и информационным ресурсам сети.

Компьютерные сети предназначены:

- для обмена данными между ПК;
- для совместного использования вычислительных ресурсов. Ресурсы бывают трех типов:
- аппаратные (принтер, емкости жестких дисков);
- программные;
- информационные.

Различают следующие виды компьютерных сетей:

- локальные, которые используются для обмена информацией между ПК, расположенными на ограниченной территории (удаленными на небольшие расстояния) в пределах одного здания или в рамках одной организации. При этом, как правило, используются проводные линии связи;
- региональные, связывающие компьютеры отдельной страны или экономического региона;
- глобальные, используемые для связи компьютеров разных стран, континентов.

Основные угрозы сетевой безопасности включают:

1. Вредоносное программное обеспечение (malware): Вредоносное программное обеспечение, такое как вирусы, черви, трояны и шпионское ПО, является одним из наиболее распространенных и опасных видов угроз для компьютерных сетей. Оно может проникать в систему через уязвимости в программном обеспечении, социальную инженерию или фишинговые атаки. Вредоносное ПО может украсть данные, ограничить доступ к системе, испортить файлы или использовать компьютер в качестве части ботнета для других вредоносных действий.

2. Атаки с использованием слабых мест: Атаки, основанные на уязвимостях в сетевых протоколах, операционных системах, приложениях и устройствах, могут привести к компрометации безопасности сети. Некоторые примеры таких атак включают атаки на отказ в обслуживании (Distributed Denial of Service, DDoS), атаки с использованием переполнения буфера (buffer overflow), атаки на уязвимости, связанные с паролем и множество других форм атак.

3. Несанкционированный доступ и утечка данных: Несанкционированный доступ к сети или учетной записи может привести к утечке и краже конфиденциальных данных. Это может произойти через слабые пароли, неправильную конфигурацию безопасности, отсутствие многофакторной аутентификации или физического доступа к оборудованию.

4. Социальная инженерия: Вместе с техническими атаками существует искусство манипуляции людьми, известное как социальная инженерия. Атаки социальной инженерии включают фишинг, обман пользователей, подделку электронной почты, фальшивые веб-сайты и другие методы манипуляции для получения несанкционированных доступов или информации.

5. Недостаточная защита сети: Неправильная конфигурация сетевых устройств, отсутствие обновлений программного обеспечения, недостаточные механизмы контроля доступа и недостаточное обучение пользователей могут снизить общую безопасность сети и способствовать успешным атакам.

Безопасность сети подразумевает защиту удобства использования, надежности, целостности и безопасности сети и данных. Эффективная сетевая безопасность защищает от множества угроз от проникновения или распространения в сети. Основной целью сетевой безопасности являются конфиденциальность, целостность и доступность.

Для решения проблемы защиты информации основными средствами, используемыми для создания механизмов защиты, считаются:

- технические средства: электрические, электромеханические, электронные и другие типы устройств;
- программные средства: программы, специально предназначенные для выполнения функций, связанных с защитой информации;
- смешанные аппаратно-программные средства: реализуют те же функции, что аппаратные и программные средства в отдельности, и имеют промежуточные свойства;
- организационные средства: складываются из организационно-технических (подготовка помещений с компьютерами, прокладка кабельной системы с учётом требований ограничения доступа к ней и другие) и организационно-правовых (национальные законодательства и правила работы, устанавливаемые руководством конкретного предприятия).

Таблица 1

*Сравнительная характеристика методов защиты сетей*

Сравнительная характеристика	Искусственный интеллект	Блокчейн-технологии
Понятие	Область компьютерных наук, которая изучает создание и разработку систем, способных выполнять задачи, требующие интеллектуальных способностей человека. Он имитирует человеческое мышление и способности к обучению, анализу данных и принятию решений	Распределенная база данных, которая хранит информацию в виде блоков, связанных между собой цепочкой. Каждый блок содержит набор транзакций, а также кэш предыдущего блока, что обеспечивает целостность и надежность данных
Принцип работы	Заключается в использовании алгоритмов и моделей машинного обучения для обнаружения и предотвращения угроз безопасности. ИИ может анализировать большие объемы данных, выявлять аномалии и вредоносные действия, а также прогнозировать потенциальные уязвимости в системе	Основан на консенсусе между участниками сети. Каждый участник имеет копию базы данных и может проверять, и подтверждать новые транзакции. После подтверждения транзакции она добавляется в новый блок и связывается с предыдущим блоком, что обеспечивает невозможность изменения или удаления данных
Сферы применения	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Банковская сфера</li> <li>– Кибербезопасность</li> <li>– Медицинская сфера</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Финансовая сфера</li> <li>– Логистика</li> <li>– Медицинская сфера</li> </ul>

**Заключение**

При написании данной статьи были выполнены такие задачи, как:

Изучение сетей, т.е., что они из себя представляют, виды и для чего предназначены

Изучение безопасности компьютерных сетей и для чего нужна безопасность сетей

Рассмотрение основных угроз безопасности сетей

Изучение основных средств, предназначенных для создания механизмов защиты сетей

Изучение современных методов защиты сетей, а именно искусственный интеллект и блокчейн-технологии.

Изучение каждого метода защиты сетей и их принцип работы.

Приведение сфер, где применяются данные методы.

Приведение сравнительной характеристики методов защиты сетей.

**Список использованных источников**

1. Казарин О.В. Надежность и безопасность программного обеспечения: учебное пособие для вузов / О.В. Казарин, И.Б. Шубинский. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 342 с.
2. Организационное и правовое обеспечение информационной безопасности: учебник и практикум для вузов / под редакцией Т.А. Поляковой, А.А. Стрельцова. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 325 с.
3. Электротехника и электроника в 3 т. Том 3. Основы электроники и электрические измерения: учебник и практикум для среднего профессионального образования / Э.В. Кузнецов, Е.А. Куликова, П.С. Культиасов, В.П. Лунин; под общей редакцией В.П. Лунина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 234 с.

4. Сети и телекоммуникации: учебник и практикум для вузов / К.Е. Самуйлов [и др.]; под редакцией К.Е. Самуйлова, И.А. Шалимова, Д.С. Кулябова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 464 с.
5. Дибров М.В. Сети и телекоммуникации. Маршрутизация в IP-сетях: учебник и практикум для среднего профессионального образования / М.В. Дибров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 423 с.
6. Трофимов В.В. Глобальные и локальные сети: учебник для вузов / В.В. Трофимов, М.И. Барабанова, В.И. Киев. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 162 с.
7. Воронов М.В. Системы искусственного интеллекта: учебник и практикум для вузов / М.В. Воронов, В.И. Пименов, И.А. Небаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 268 с.
8. Новиков Ф.А. Символический искусственный интеллект: математические основы представления знаний: учебное пособие для вузов / Ф.А. Новиков. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 278 с.
9. Гаврилов М.В. Информатика и информационные технологии: учебник для бакалавров / М.В. Гаврилов, В.А. Климов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2013. – 378 с.
10. Информатика и математика: учебник и практикум для академического бакалавриата / Т.М. Беяева [и др.]; под редакцией В.Д. Элькина. – Москва : Издательство Юрайт, 2016. – 527 с.

# SOURCE OF RADIATION EMISSION WITH A PLASMA-PHYSICAL ACCELERATOR OF A LINEAR CONFIGURATION

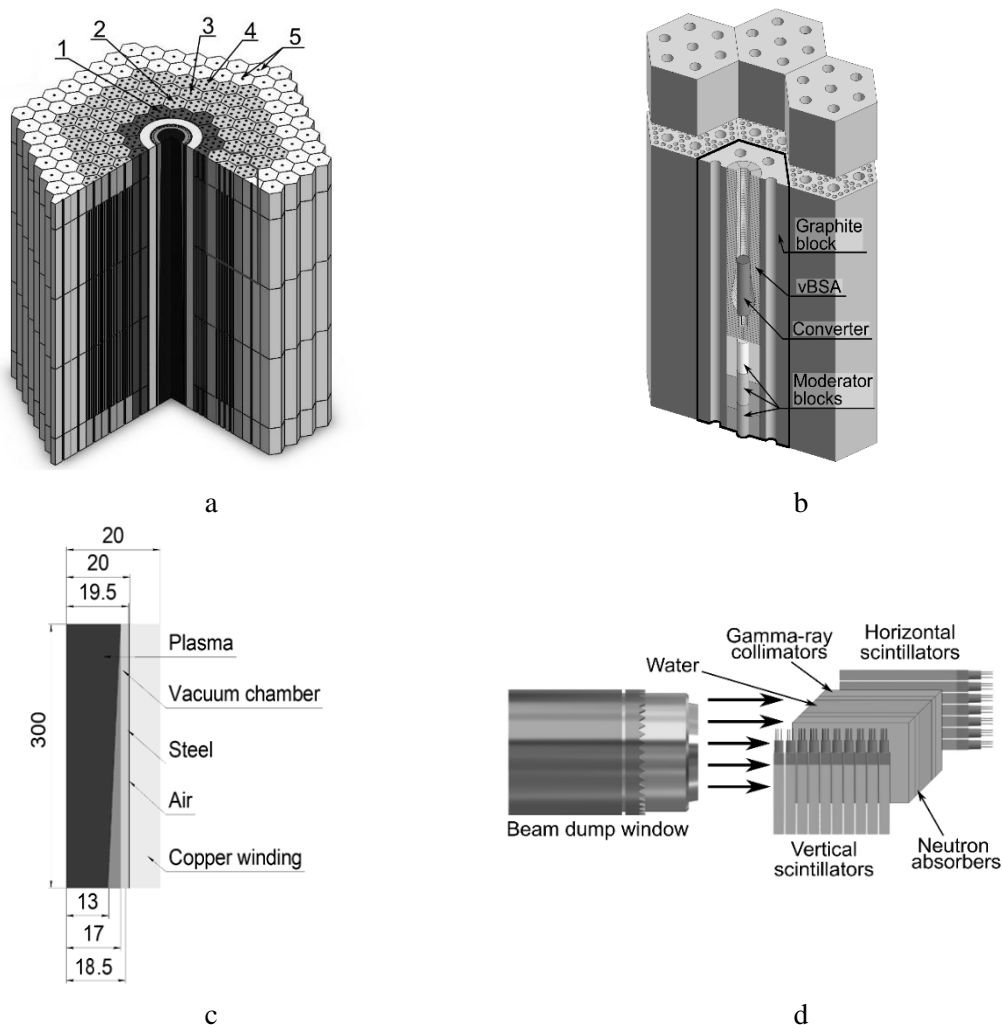
*Demin A.S., Polozkov S.D., Bedenko S.V.*

*School of Nuclear Science and Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University, 634050, Tomsk, Russian Federation, email: asd47@tpu.ru*

## Introduction

The possibility of creating technical means for controlling the processes of accumulation and conversion of the energies of thermal and epithermal neutrons into the energy of monoenergetic photons emission due to neutron pumping of an active medium consisting of nuclei with long-lived isomeric states is studied in this work.

The system (Fig. 1) under study consists of an external pulsed source of D–T neutrons based on an extended gas-dynamic magnetic trap (denoted in [1] as Plasma Source Neutrons, PSN) and a subcritical blanket [2], which includes a variable-geometry neutron-collimation beam-shaping assembly (variable neutron-collimation Beam-Shaping Assembly, vBSA) [3] and an active medium.



*Fig. 1. Schematic view of the solution design for conjugate facility «blanket – PSN – vBSA»:  
a – blanket with a modified paraxial region for PSN (1 – one row of columns of fuel-free blocks,  
2-4 – three rows of columns with fuel blocks, 5 – reflector);  
b – vBSA with active medium (converter);  
c – cross section of the 3D PSN model;  
d – vBSA exit window and TENIS system*

The vBSA is a sophisticated configuration that consists of moderating blocks and selective plates, which are specifically designed to confine and shape a pulsed neutron flux. The objective of the vBSA is to convert the millisecond signature of the neutron flux into a monoenergetic photon emission, which is crucial for many scientific and medical applications.

Gadolinium oxide enriched in  $^{155}\text{Gd}$  isotope is used as the active medium; as the main pump scheme, the channel of formation of  $^{156}\text{Gd}$  isotope nuclei in the inverse state is studied, the de-excitation of which is accompanied by the emission of an intense gamma line with a wavelength of  $\sim 10^{-4}$  nm [4].

The possibility of accumulating excess energy formed by a pair of stable isotopes of gadolinium  $^{155,156}\text{Gd}$  was shown in [4]. Achievement of conditions of the inverse population of the levels of  $^{156\text{m}}\text{Gd}$  nuclei of isotopically modified  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  and subsequent generation of photon emission was demonstrated in [5, 6].

### **The concept of a facility with a plasma-physical accelerator of linear configuration**

The facility being studied consists of three parts, as shown in fig. 1. The first part is a subcritical blanket based on a multi-purpose high-temperature gas-cooled reactor unit of low power (HGTRU) [7], with a paraxial region modified under the Prompt-Subcritical Neutron scheme (fig. 1, a) [1, 2]. The second part (vBSA) (fig. 1, b) [3] with an active medium of  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  (converter) [6]. The third part is the PSN (fig. 1, c).

The blanket is constructed by assembling unified hexagonal fuel blocks (multiplicative part) and non-fuel graphite blocks (reflector). The PSN scheme is a cylindrical, axially symmetrical, extended vacuum chamber designed to hold high-temperature D–T plasma using a magnetic field. The diameter and length of the cylindrical chamber for the generation of D–T neutrons match the dimensions of the modified blanket region. The vBSA, with a cylindrical capsule of  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ , replaces the upper fuel block (outlined in fig. 1, a) of the multiplicative part. Since the active medium is sensitive to the parameters of the neutron flux [6], the facility is equipped with a beam extraction window and a ThErmal Neutron Imaging System (TENIS) [8]. This system allows for the visualization and control of the neutron flux parameters inside the vBSA. TENIS, shown in fig. 1, d, is placed coaxially with the vBSA in the upper reflector.

### **Methodology**

Certified programs, Serpent 2.1.31 (JENDL-4.0) and SolidWorks, were utilized to perform neutronic, thermophysical, and heat-hydraulic studies of the blanket parameters. For the first step, input sets of PSN parameters were taken from, specifically the optimal variant v8 and Table 2 of this work [2]. In the second step, hydraulic CFD modeling was performed for both the basic blanket loading option and the optimized option, taking into account the spatial energy distribution from the results of the neutronic and thermophysical simulations obtained in the first step.

### **Results**

At the first step in neutronic studies, the calculations of reactivity compensation were made by involving BPs and constant reactivity compensators. As a result, it was established that the best method of reactivity compensation was to cover the fuel pellet with a micronic-layer of  $\text{ZrB}_2$ . By utilizing a 100  $\mu\text{m}$  thick  $\text{ZrB}_2$  layer, the blanket can be transferred to a subcritical mode of operation with a subcritical multiplication factor of  $k_{\text{subcritical}} = 0.95$ . This corresponds to a neutron amplification value of 20.

Thermophysical and heat-hydraulic optimization of the blanket was performed according to the energy distribution profile along the radius by changing the volume fractions of the dispersed phase  $\omega_{\text{pf}}$ , which was 17 % for the basic non-profiled load. The result of optimizing the blanket loading scheme is illustrated in fig. 2. Fuel blocks of rows 2–4 were loaded with fuel where were  $\omega_{\text{pf}} = 7\%$ , 11–13 %, 18 %, 22 %, and 27 % (see fig. 2, a, upper region of the blanket sector).

Utilizing this blanket loading scheme results in a more uniform radial energy distribution profile, as depicted in the lower region of the blanket sector in fig. 2, a.

Note that for both non-profiled and profiled blankets, the maximum temperature is observed in the fuel columns of the third row at around 2.42 meters and is equal to 1622.66 K and 1581.52 K (see fig. 2, b). As shown in fig. 2, b, the axial offset of the temperature profile of the maximum-loaded column of the third row for both non-profiled and profiled blanket demonstrates a decrease in temperature gradients in both the multiplicative part and the areas where the PSN and vBSA are placed. In the region where the vBSA is located, the temperature change in the axial direction does not exceed 84.21 K for fuel and 157.13 K for helium.

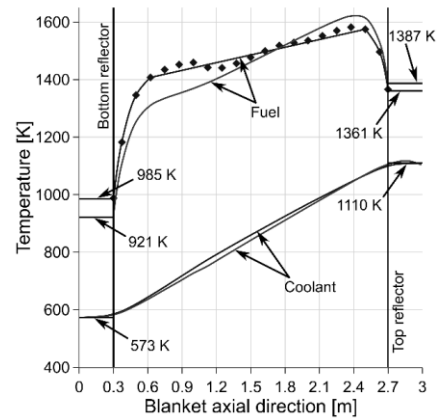
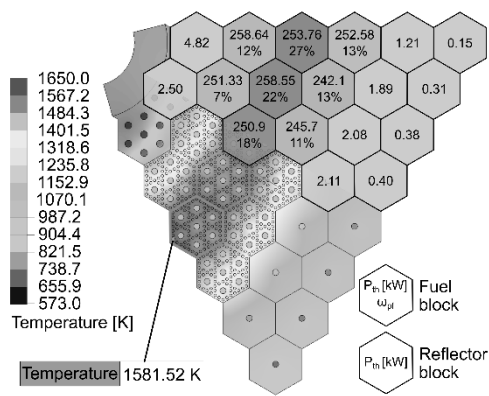


Fig. 2. Optimized neutronic, thermophysical and hydraulic parameters of the blanket:  
 a – radial relative power and temperature distributions;  
 b – axial temperature profile

Overall, the obtained parameters of the devices under study demonstrate satisfactory agreement with the parameters of reference facilities of this class.

### Conclusions

This work presents a report on the feasibility study on creating an installation for controlling the processes of accumulations and conversion of the energy of thermal and epithermal neutrons into the energy of monoenergetic photons due to neutron pumping of the active medium formed by nuclei with long-lived isomeric states.

The synergy among the «blanket – PSN – vBSA» proposed in this study, which spatially combines vBSA, an active medium, and a subcritical blanket with PSN, creates a possibility to employ these systems in the development of a technique that generates radiation with parameters suitable for use in pulsed energy.

This research was supported by the Russian Science Foundation under RSF grant No. 23-29-00131 (<https://rscf.ru/en/project/23-29-00131>).

### References

1. Bedenko S.V., Arzhannikov A.V., Lutsik I.O., Prikhodko V.V.; Shmakov V.M., Modestov D.G., Karenin A.G. and Shamanin I.V. Maintaining the close-to-critical state of thorium fuel core of hybrid reactor operated under control by DT fusion neutron flux // Nuclear Engineering and Technology. – 2021. – Vol. 53, № 6 – P. 1736–1746.
2. Bedenko S.V., Lutsik I.O., Prikhodko V.V., Matyushin A.A., Polozkov SD; Shmakov VM; Vega-Carrillo HR Fusion-fission hybrid reactor with a plasma source of deuterium-tritium neutrons in a linear configuration // Progress in Nuclear Energy. – 2022. – Vol. 154 – P. 104477.
3. Ghal-Eh N., Rahmani F., Bedenko S.V., A variable-geometry beam-shaping assembly for accelerator-based BNCT // 14th IFOST-2019. – 2019. – P. 559-561.
4. Shamanin I.V., Kazaryan M.A. Nuclide kinetics involving hafnium and gadolinium nuclei in long-lived isomeric states // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. – 2017. – Vol. 44 – P. 215-217.
5. Shamanin I.V., Kazaryan M.A., Knyshev V.V., Bedenko S.V., Shamanin V.I. Neutron Spectrum Formation under Neutron Pumping of the Active Medium Formed by Two Stable Gadolinium Isotopes // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. – 2018. – Vol. 45 – P. 251-255.
6. Shamanin I.V., Kazaryan M.A., Bedenko S.V., Knyshev V.V., Shamanin V.I. Neutron pumping of active medium formed by gadolinium isotopes Gd<sup>155</sup> and Gd<sup>156</sup> pair // Applied Radiation and Isotopes. – 2021. – Vol. 171 – P. 109649.
7. Bedenko S.V., Ghal-Eh N., Lutsik I.O., Shamanin I.V. A fuel for generation IV nuclear energy system: Isotopic composition and radiation characteristics // Applied Radiation and Isotopes. – 2019. – Vol. 147. – P. 189–196.
8. Ghal-Eh N., Green S. A plastic scintillator-based 2D thermal neutron mapping system for use in BNCT studies // Applied Radiation and Isotopes – 2016. – Vol. 112. – P. 31-37.

## **Секция 2. Цифровое моделирование технических объектов и систем**



# ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПСЕВДОЛИНЕЙНОГО КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С РАЗДЕЛЬНЫМИ КАНАЛАМИ ДЛЯ АМПЛИТУДЫ И ФАЗЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ УПРАВЛЕНИИ

Ли Чжэньбэй<sup>1</sup>, Скороспешкин М.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, ИШИТР, 8ТМ21 e-mail: chzhenbey1@tpu.ru

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, ИШИТР, Доцент, e-mail: smax@tpu.ru

## Введение

В настоящее время в большинстве автоматических систем управления используют ПИД-регуляторы. Однако существуют системы, где параметры меняются со временем, и для них можно использовать ПИД-регуляторы, которые могут подстраивать свои параметры в процессе работы. Использование такого подхода требует значительного времени на подстройку, что может затруднить реализацию таких систем.

Другой подход заключается в использовании корректирующих устройств (КУ), которые способствуют улучшению качества управления нестационарными объектами и обеспечению необходимой степени устойчивости в соответствии с требованиями системы. Среди них псевдолинейное корректирующее устройство способно адаптивно увеличивать амплитудный и фазовый запас системы. В данной работе рассматривается использование устройства, которое применяет билинейное преобразование для реализации псевдолинейного корректирующего устройства в пакете CoDeSys 2.3.

## Теория псевдолинейного корректирующего устройства

Псевдолинейное корректирующее устройство с отдельными каналами для амплитуды и фазы позволяет получить различные амплитудно-фазовые соотношения, т.е. относительно независимо формировать амплитудную и фазовую характеристики нелинейного фильтра, и эти характеристики не зависят от амплитуды входного сигнала [1]. Структурная схема данного корректирующего устройства показана на рис. 1. Амплитудный канал состоит из линейного элемента с передаточной функцией и блок выделения модуля. Фильтр  $W_A(s)$  создает амплитудное ослабление.

$$W_A(s) = \frac{1}{T_1s + 1}. \quad (1)$$

Фазовый канал состоит из линейного элемента с передаточной функцией и блок определения знака.

$$W_\phi(s) = \frac{Ts + 1}{T_2s + 1}, \quad T > T_2. \quad (2)$$

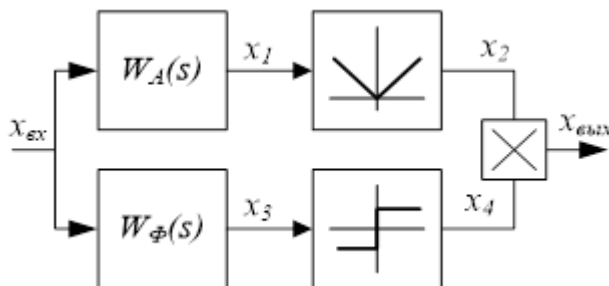


Рис. 1. Структурная схема корректирующего устройства с отдельными каналами для амплитуды и фазы

Приняв  $T_1 = 0.2$  с,  $T_2 = 1$  с,  $K = 1$ , построим АЧХ и ФЧХ данного корректирующего устройства в зависимости от  $T$ , которые показаны на рис. 2. Кривые 1, 2, 3, 4, 5 соответствуют значениям  $T$  равным 0.5, 1, 2, 3 и 5 с.

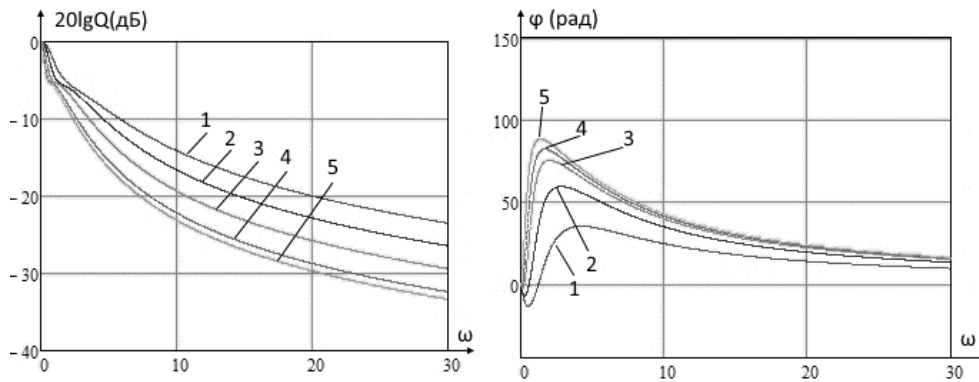


Рис. 2. АФЧХ двухканального корректирующего устройства при различных значениях  $T$  и фиксированных значениях  $T_1 = 1$  с,  $T_2 = 0.2$  с

Из рис. 2 видно, что при изменении значения  $T$ , фазовое опережение, вносимое корректирующим устройством, меняется, а амплитудное ослабление оказывается незначительным.

### Программная реализация псевдолинейного корректирующего устройства с отдельными каналами для амплитуды и фазы

С помощью билинейного преобразования можно получить дискретную передаточную функцию системы, которая описывает ее поведение в дискретном времени. Дискретная передаточная функция может быть использована для получения разностного уравнения, описывающего поведение системы в дискретном времени.

Преобразование имеет следующий вид:

$$s \Leftrightarrow \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}, \quad (3)$$

где « $\Delta t$ » период дискретизации сигнала.

Фильтр псевдолинейного корректирующего устройства для фазы описывается переходной функцией (2). Подставив данное преобразование в вышеуказанную переходную функцию, можем собрать полином, содержащий отрицательные степени переменной:

$$W(z) = \frac{1 + T \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}}{1 + \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}} = \frac{Y(z)}{X(z)}. \quad (4)$$

После этого производится умножение числителя и знаменателя между собой:

$$\left( \frac{\Delta t + 2}{\Delta t} \right) \cdot Y(z) + \left( \frac{\Delta t - 2}{\Delta t} \right) \cdot Y(z) \cdot z^{-1} = \left( \frac{\Delta t + T \cdot 2}{\Delta t} \right) \cdot X(z) + \left( \frac{\Delta t - T \cdot 2}{\Delta t} \right) \cdot X(z) \cdot z^{-1} \quad (5)$$

В преобразовании, « $z^{-1}$ » представляет задержку на один отсчет в дискретном временном домене ( $t - \Delta t$ ). Если входной сигнал  $X(z)$  задерживается на один отсчет, то его преобразование  $X(z)$  будет умножено на « $z^{-1}$ ».

В результате изложенного получена модель временной области данного выражения:

$$Y(t) = \frac{(\Delta t + T \cdot 2)}{(\Delta t + 2)} \cdot X(t) + \frac{(\Delta t - T \cdot 2)}{(\Delta t + 2)} \cdot X(t - \Delta t) - \frac{\Delta t - 2}{(\Delta t + 2)} \cdot Y(t - \Delta t) \quad (5)$$

Уравнение (5) показывает текущее значение выходного сигнала  $Y$ , выраженное через текущие и прошлые значения входного сигнала  $X$ ,  $X1$  и прошлые значения выходного сигнала  $Y1$ .

$$Y = \frac{(\Delta t + T \cdot 2)}{(\Delta t + 2)} \cdot X + \frac{(\Delta t - T \cdot 2)}{(\Delta t + 2)} \cdot X1 - \frac{\Delta t - 2}{(\Delta t + 2)} \cdot Y1 \quad (6)$$

Фильтр псевдолинейного корректирующего устройства для амплитуды описывается переходной функцией (1). С использованием того же метода можно получить следующее разностное уравнение:

$$Y = \left( \frac{2 \cdot T - \Delta t}{2 \cdot T + \Delta t} \right) \cdot Y1 + \frac{\Delta t}{2 \cdot T + \Delta t} (X + X1) \quad (7)$$

В начальной итерации значения переменных «Y1» и «X1» равны нулю, а затем на каждой последующей итерации они принимают значения переменных «Y» и «X» соответственно.

Согласно формуле 7, реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением приведена на рис. 3.

```

0001 FUNCTION_BLOCK phase
0002 VAR_INPUT
0003   X: REAL; T: REAL; tt: REAL;
0004 END_VAR
0005 VAR_OUTPUT
0006   Y: REAL;
0007 END_VAR
0008 VAR
0009   Y1: REAL;
0010   X1: REAL;
0011 END_VAR
0012 Y := -(tt-2)*Y1/(tt+2)+X*(tt+T*2)/(tt+2)+X1*(tt-T*2)/(tt+2);
0013 X1:=X;
0014 Y1:=Y;
  
```

Рис. 3. Реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства для фазы на языке ST

Данный код на языке ST представляет собой функциональный блок с именем phase, который имеет три входных параметра: X (Входной сигнал), T (Коэффициент постоянной времени ПКУ) и tt (период дискретизации сигнала). Также он имеет один выходной параметр Y (Выходной сигнал).

Согласно формуле 8, реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением приведена на рис. 4.

```

0001 FUNCTION_BLOCK amplitude
0002 VAR_INPUT
0003   X: REAL;
0004   T: REAL;
0005   tt: REAL;
0006 END_VAR
0007 VAR_OUTPUT
0008   Y: REAL;
0009 END_VAR
0010 VAR
0011   Y1: REAL;
0012   X1: REAL;
0013 END_VAR
0014 Y := Y1*(2*T-tt)/(2*T+tt)+(X+X1)*tt/(2*T+tt);
0015 X1:=X;
0016 Y1:=Y;
  
```

Рис. 4. Реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением на языке ST

Данный код на языке ST представляет собой функциональный блок с именем amplitude, который имеет три входных параметра: X (Входной сигнал), T (Коэффициент постоянной времени ПКУ) и tt (период дискретизации сигнала). Также он имеет один выходной параметр Y (Выходной сигнал).

## Программная реализация псевдолинейного корректирующего устройства с отдельными каналами для амплитуды и фазы

В соответствии со структурой, приведенной на рис. 1, можно построить функциональный блок псевдолинейного корректирующего устройства с отдельными каналами для амплитуды и фазы на языке FBD, показанной на рис. 5.

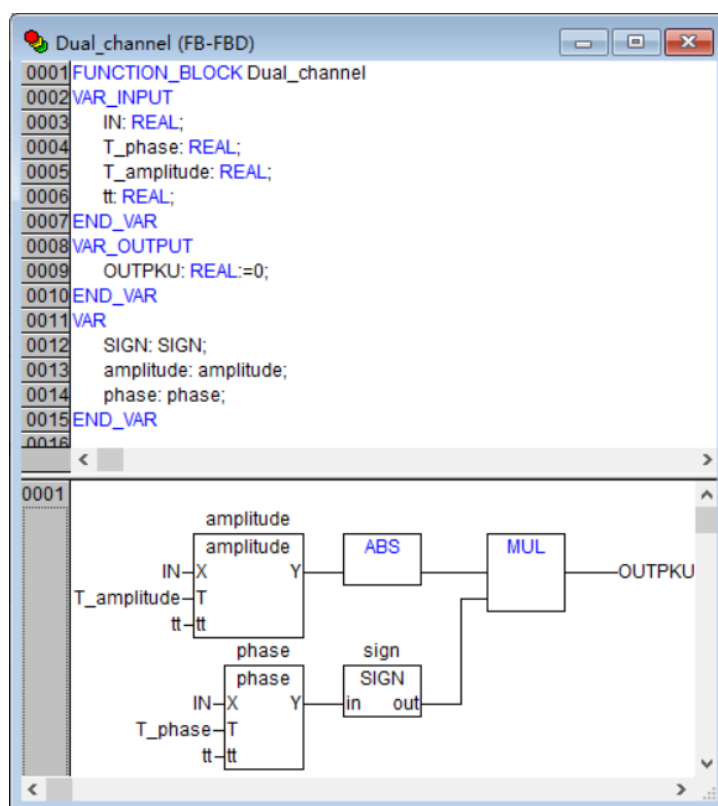


Рис. 5. Реализация псевдолинейного корректирующего устройства с отдельными каналами для амплитуды и фазы на языке FBD

### Заключение

В рамках этой работы рассмотрена реализация псевдолинейного корректирующего устройства с отдельными каналами для амплитуды и фазы в промышленных системах управления. Программная реализация данного устройства на платформе CoDeSys 2.3 показала, что оно может быть легко интегрировано в существующие системы управления. Использование как стандартных, так и пользовательских функциональных блоков на языках FBD и ST обеспечивает гибкость и простоту в настройке и эксплуатации.

Этот подход к управлению нестационарными объектами имеет большой потенциал в промышленности, и его дальнейшее развитие и исследования могут привести к созданию более эффективных и устойчивых систем управления.

### Список использованных источников

1. Топчиев Ю.И. Нелинейные корректирующие устройства в системах автоматического управления – М. : Машиностроение, 1971. – 466 с.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМОЙ ЯЧЕЙКИ ПАМЯТИ НА ОСНОВЕ МАГНИТНОГО СКЕРМИОНА МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

*Васильев Е.В., Капитан Д.Ю., Рыбин А.Е.*

*Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия, e-mail: vasilev.eva@dvfu.ru*

## Введение

Целью нашей работы являлось проведение вычислительного эксперимента по изучению возможностей зарождения, стабильного существования и управления магнитными скирмионами в спиновых системах. Основная задача, исследовать подход использования магнитных скирмионов в качестве базовых элементов для создания эффективных и надежных ячеек памяти.

С точки зрения практического применения магнитных материалов особый интерес представляют тонкие ферромагнитные пленки. Это связано с тем, что в таких системах под действием внешнего магнитного поля (ВМП) зарождаются устойчивые вихревые образования – магнитные скирмионы [1]. Отдельные скирмионы могут быть стабилизированы с помощью взаимодействия Дзялошинского-Мория (ВДМ). Возможности контроля скирмионов нанометрового масштаба – включая их обнаружение, создание, удаление, манипуляции движением, размером и формой – повысили ожидания их использования в будущих спинтронных устройствах. Так, например, новый тип магнитных носителей на основе беговой памяти (racetrack memory) [2] предполагает использование топологически защищенных состояний, а конкретно скирмионов, в качестве носителей информации. Основное преимущество заключается в том, что такая память является энергонезависимой, то есть сохранение информации не требует подачи энергии в ячейку.

## Описание модели и алгоритма

В моделировании спиновых систем хорошо зарекомендовал себя численный метод Монте-Карло с использованием алгоритма Метрополиса [3]. Он позволяет успешно исследовать критические свойства систем со сложными гамильтонианами в широком диапазоне температур и других внешних параметров. Использование метода Монте-Карло в моделировании позволяет выполнять численные эксперименты, генерировать случайные состояния системы и проводить статистический анализ их поведения. Этот подход имеет особую ценность при изучении статистических свойств скирмионов, таких как их размеры, формы и энергетические характеристики.

Для моделирования магнитной спиновой системы использовалась модель Гейзенберга, которая является оптимальным выбором для моделирования скирмионов, поскольку учитывает взаимодействие спиновых магнитных моментов, что является основным фактором в формировании и движении скирмионов. Мы использовали решеточный гамильтониан (1), состоящий из обменного гамильтониана Гейзенберга, гамильтониана ВДМ, ВМП вдоль оси  $z$  и магнитной анизотропии.

$$H = -J \sum_{\langle i,j \rangle} \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}_j - D \sum_{\langle i,j \rangle} \mathbf{S}_i \times \mathbf{S}_j \cdot \mathbf{e}_{ij} - \mu_B \sum_i \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{B} - K \sum_i (\mathbf{S}_i \cdot \mathbf{e}_z)^2 \quad (1)$$

Модель Гейзенберга, применяемая в моделировании спиновых систем, рассматривает спины в качестве взаимодействующих магнитных моментов, которые взаимодействуют между собой через обменное взаимодействие. Это позволяет учесть сложные взаимодействия и динамику скирмионов, которые представляют собой особые топологические структуры с топологическим зарядом, выраженным целым числом.

## Результаты и обсуждение

Нам удалось математически подобрать необходимые безразмерные величины для формирования ячейки памяти на основе магнитного скирмиона. Так наличие скирмиона может соответствовать логической единице «1», а отсутствие нулю «0» в бинарной логике. Полученные данные позволяют теоретически исследовать материалы, в которых возможно создавать, уничтожать и передвигать магнитный скирмион. Однако в реальных материалах не так просто достичь контроля над магнитными доменами, так как спиновой системе в зависимости от различных параметров, например ВДМ, ВМП или температуры, наблюдаются различные фазы: спиральная, скирмионная, ферромагнитная и их смешанные состояния. Эти различные фазы и состояния играют важную роль при исследовании и понимании поведения магнитных скирмионов в системе.

На основе данных моделирования были отрисованы фазовые диаграммы для шестиугольной квадратной и треугольной решеток. Для скирмиона цвет представляет функцию координаты  $z$  между  $-1$  (синий) и  $+1$  (красный), для фазовой диаграммы отражает состояние системы: ФР – ферромагнитное; СФ – скирмион-ферромагнитное; СК – скирмионное; СС – спираль-скирмионное; СП – спиновые полюсы (рис. 1), для построения диаграмм применялась нейронная сеть [4].

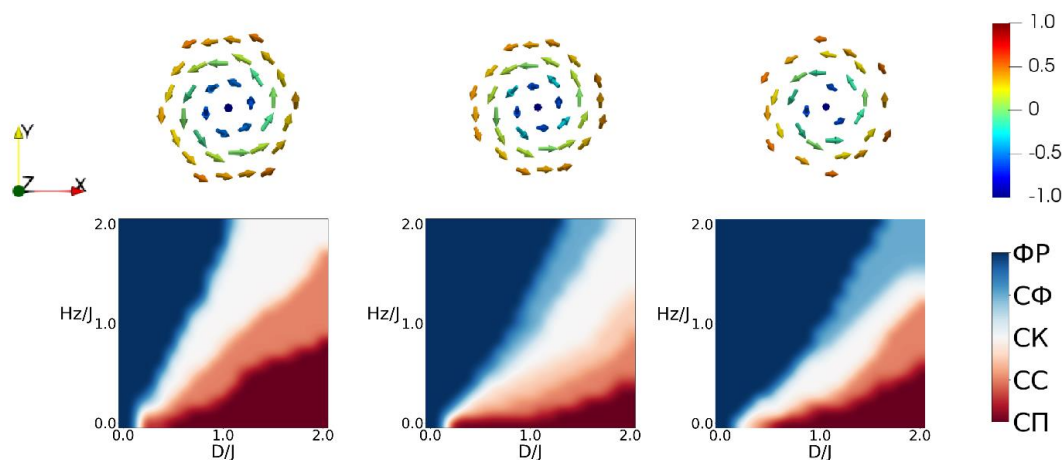


Рис. 1. Магнитные скирмионы на различных кристаллических решётках и соответствующие им фазовые диаграммы

Также мы заметили, что изменение направления и силы электрического тока в проводниках позволяет управлять скирмионами. Наблюдаем, что скирмионы демонстрируют предпочтительность движения вдоль градиента ВМП, создаваемого разностью потенциалов на противоположных концах исследуемого материала, а их устойчивость и скорость зависят от взаимодействия между внутренними и внешними параметрами системы. Мы также исследуем, как сила электрического тока влияет на устойчивость и скорость скирмионов. Было обнаружено, что существует оптимальный диапазон силы тока, который максимизирует подвижность скирмионов, при этом не приводя к их разрушению.

### Заключение

Нами была сформирована математическая модель и разработано программное обеспечение для моделирования магнитных скирмионов. Проведено математическое моделирование и проанализировано влияние внешних и внутренних параметров на спиновую систему в рамках модели Гейзенберга.

Мы изучили скирмионы различных типов, выявили значения внешних и внутренних параметров моделирования для создания или стабилизации магнитных ячеек памяти в двумерных ферромагнитных пленках. Исследовали их энергетическую зависимость и эффективность работы. В ходе исследования мы показали, что переключение между различными стабильными состояниями зависит не только от внешних или внутренних величин (ВДМ, ВМП), но также от вида дискретизации решетки.

Разработка энергонезависимых ячеек памяти на основе магнитных скирмионов может привести к созданию более компактных, энергоэффективных и быстрых устройств памяти со значительными преимуществами в области информационных технологий, что открывает новые перспективы для эволюции современных систем хранения данных и обработки информации.

Исследования проведены при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ № НШ-2559.2022.1.2.

### Список использованных источников

1. Skyrme T.H.R. A non-linear field theory // Selected Papers, With Commentary, Of Tony Hilton Royle Skyrme. – 1994. – P. 195–206.
2. Zhang X. et al. Skyrmion-skyrmion and skyrmion-edge repulsions in skyrmion-based racetrack memory // Scientific reports. – 2015. – Vol. 5. – P. 7643.
3. Luijten E., Blöte H.W.J. Monte Carlo method for spin models with long-range interactions // International Journal of Modern Physics C. – 1995. – Vol. 6. – №. 03. – P. 359–370.
4. Perzhu A.V. et al. Application of convolutional neural networks to spin models studies // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. – 2022. – Т. 15. – №. S3. 1. – С. 87–92.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ УПРАВЛЯЕМЫМИ САМОКОМПЕНСИРУЮЩИМИСЯ ЛИНИЯМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Воронина Е.В.<sup>1</sup>, Крюков А.В.<sup>2</sup>, Середкин Д.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Иркутский государственный университет путей сообщения, e-mail: eka7erina.voronina@yandex.ru

<sup>2</sup>Иркутский государственный университет путей сообщения, профессор кафедры  
Электроэнергетика транспорта, e-mail: and\_kryukov@mail.ru

<sup>3</sup>Иркутский государственный университет путей сообщения, e-mail: dmitriy987@mail.ru

## Введение

Увеличение передаваемых мощностей в электроэнергетических системах (ЭЭС) приводит к необходимости разработки линий электропередачи (ЛЭП) повышенной пропускной способности. Эффективный способ решения задачи повышения пропускной способности ЛЭП состоит в использовании двухцепных линий с регулируемым фазовым сдвигом между цепями. Такие ЛЭП получили название управляемых самокомпенсирующихся воздушных линий. Для реализации таких ЛЭП применяют фазоповоротные устройства (ФПУ), с помощью которых можно изменять сдвиг фаз напряжений между цепями ЛЭП. На основе выбора оптимального угла сдвига можно максимизировать пропускную способность линии.

Вопросам применения управляемых самокомпенсирующихся линий электропередач (УСВЛ) посвящено большое число работ. Так, например, в статье [1] показано, что на основе УСВЛ возможно существенно повысить пропускную способность каналов для передачи электроэнергии. В работе [2] приведены основные теоретические положения по созданию компактных управляемых линий электропередачи, приведены результаты технических и проектных разработок ряда вариантов электропередач данного типа, показана эффективность применения УСВЛ для формирования электроэнергетических систем, выполнения межсистемных связей и распределительных электросетей. В статье [3] изложены принципиальные основы создания и приведены результаты исследований и разработок компактных УСВЛ, а также дана оценка возможных перспектив и эффективности их применения в ЭЭС. Работа [4] посвящена разработке компактных электрических линий нового типа с более высокой пропускной способностью по сравнению с ЛЭП традиционной конструкции.

В условиях цифровизации электроэнергетики для управления режимами ЭЭС, имеющих в своем составе УСВЛ, необходимы компьютерные модели таких линий. Эти модели должны обеспечивать моделирование режимов ЭЭС, а также определение условий электромагнитной безопасности на трассах УСВЛ. Такие модели могут быть реализованы на базе методов моделирования ЭЭС в фазных координатах, предложенные в работе [5]. Ниже приведены результаты определения напряженностей электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых УСВЛ.

## Методика и алгоритм моделирования

При определении ЭМП, создаваемых УСВЛ, использовался системный подход, сформулированный в работе [6]; при этом напряженности ЭМП определяются на основе расчета режима ЭЭС, в состав которой входит анализируемая ЛЭП. Расчет режима осуществляется в фазных координатах [5]. Алгоритм моделирования включает следующие этапы [6]:

1. Рассчитываются токи всех проводов (при наличии расщепленных фаз используется алгоритм, описанный в [5]):

$$\Omega : \mathbf{U}, \boldsymbol{\varphi} \rightarrow \mathbf{I}, \boldsymbol{\varphi}_l$$

где  $\Omega$  – оператор;  $\mathbf{I}, \boldsymbol{\varphi}_l$  – векторы модулей и фаз токов проводов.

2. Определяются вертикальные и горизонтальные составляющие напряженностей электромагнитного поля, отвечающие наборам координат  $\mathbf{x}, \mathbf{y}$ :

$$\Xi_E : \mathbf{U}, \boldsymbol{\varphi} \rightarrow \mathbf{E}_x, \mathbf{E}_y; \Xi_H : \mathbf{I}, \boldsymbol{\varphi}_l \rightarrow \mathbf{H}_x, \mathbf{H}_y,$$

где  $\Xi_E, \Xi_H$  – операторы; обозначение  $\mathbf{E}$  отвечает электрическому полю (ЭП), а  $\mathbf{H}$  – магнитному полю (МП).

3. Вычисляются амплитудные значения:

$$\Theta_E : \mathbf{E}_x, \mathbf{E}_y \rightarrow \mathbf{E}_{\max}; \Theta_H : \mathbf{H}_x, \mathbf{H}_y \rightarrow \mathbf{H}_{\max}.$$

Схема анализируемой сети показана на рис. 1, а, поперечный разрез УСВЛ приведен на рис. 1, б. Расположение токоведущих частей в пространстве для УСВЛ и двухцепной линии традиционной конструкции проиллюстрировано на рис. 2.

Моделирование верхней линии осуществлялось в программном комплексе Fazonord для двух модификаций: типовая двухцепная линия (рис. 2, а) без транспонирования проводов и шестипроводная УСВЛ (рис. 2, б) с линейным расположением проводов фаз с их взаимным чередованием. При моделировании УСВЛ были рассмотрены следующие режимы: без смещения напряжений между цепями; смещение  $\theta$  на 0, 90 и 180 градусов.

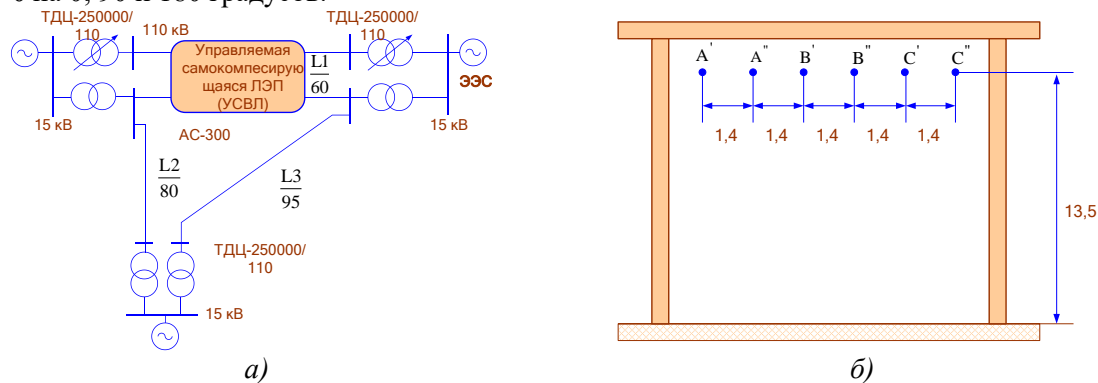


Рис. 1. Схема сети а) и разрез УСВЛ б)

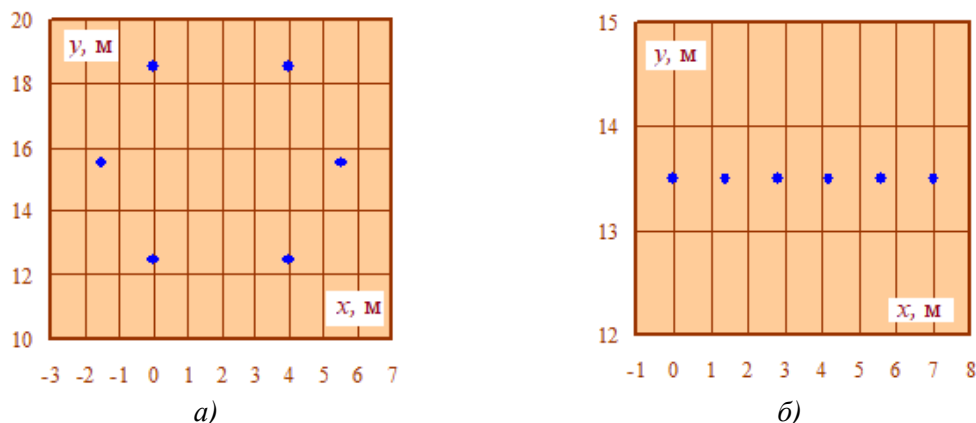


Рис. 2. Расположение токоведущих частей в пространстве:

а – типовая двухцепная линия;

б – УСВЛ

По результатам моделирования были построены зависимости амплитуд напряженностей ЭП (рис. 3, а) и МП (рис. 3, б) от координаты  $x$  оси, направленной перпендикулярно трассе ЛЭП. Максимальные и средние значения амплитуд напряженностей приведены в табл. 1 и на рис. 4. На рис. 5 представлены объемные диаграммы напряженностей электрического и магнитного полей УСВЛ при  $\theta = 180^\circ$ . Кроме того, выполнено моделирование режимов сети 110 кВ, питающей три тяговые подстанции 110/27,5 кВ. В этой сети головная ЛЭП была реализована в виде УСВЛ. Динамика изменений напряженностей магнитного поля, вызванных вариациями тяговых нагрузок, проиллюстрирована на рис. 6.

Таблица 1

Сводные данные по амплитудам ЭМП

Параметр	Показатель	Типовая ЛЭП	УСВЛ с углом $\theta$ , равным:		
			$0^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$
$E_{\max}$ , кВ/м	Максимум	1,52	0,90	0,64	0,32
	Ср. значение	0,37	0,43	0,31	0,17
$H_{\max}$ , А/м	Максимум	4,02	4,45	2,81	0,46
	Ср. значение	1,69	1,77	1,12	0,24



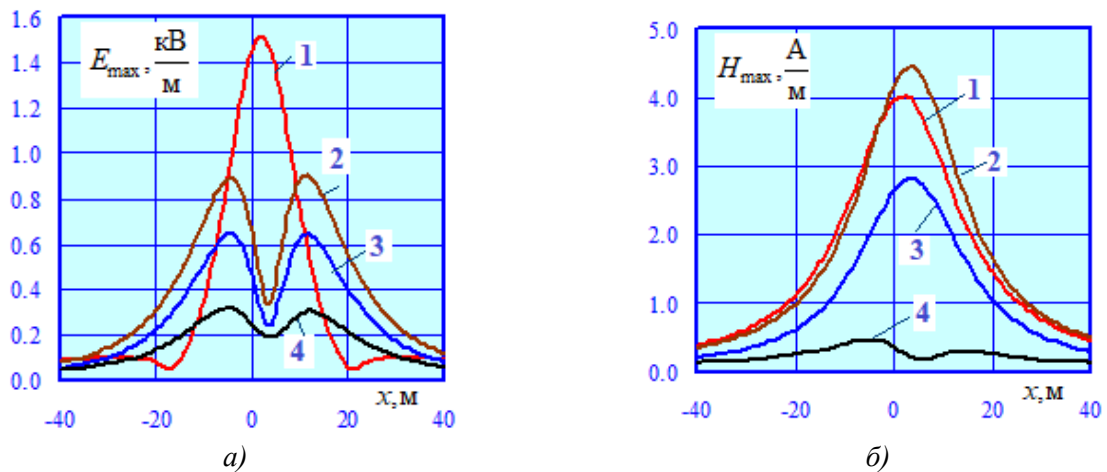


Рис. 3. Амплитуда напряженности электрического (а) и магнитного (б) поля на высоте 1,8 м: 1 – типовая ВЛ; 2 – при угле  $\theta = 0^\circ$  между напряжениями цепей; 3 – при угле  $\theta = 90^\circ$  между напряжениями цепей; 4 – при угле  $\theta = 180^\circ$  между напряжениями цепей

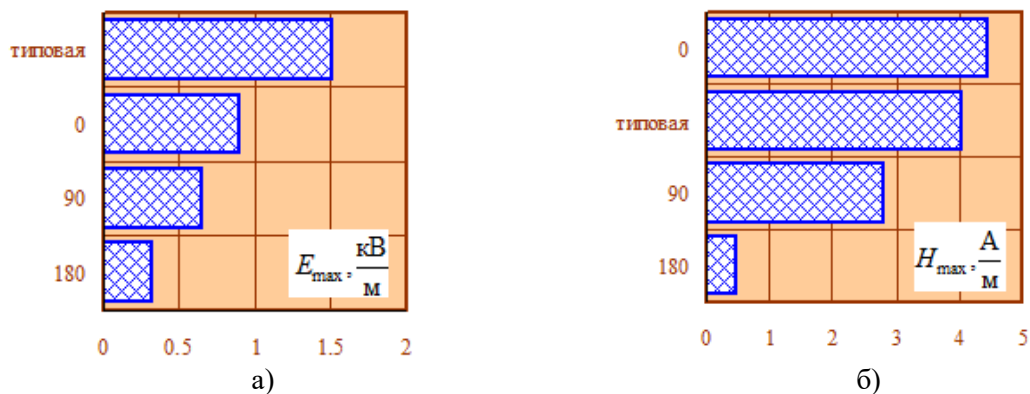


Рис. 4. Максимумы амплитуд напряженностей электрического  $E_{\max}$  (а) и магнитного  $H_{\max}$  (б) полей на высоте 1,8 м

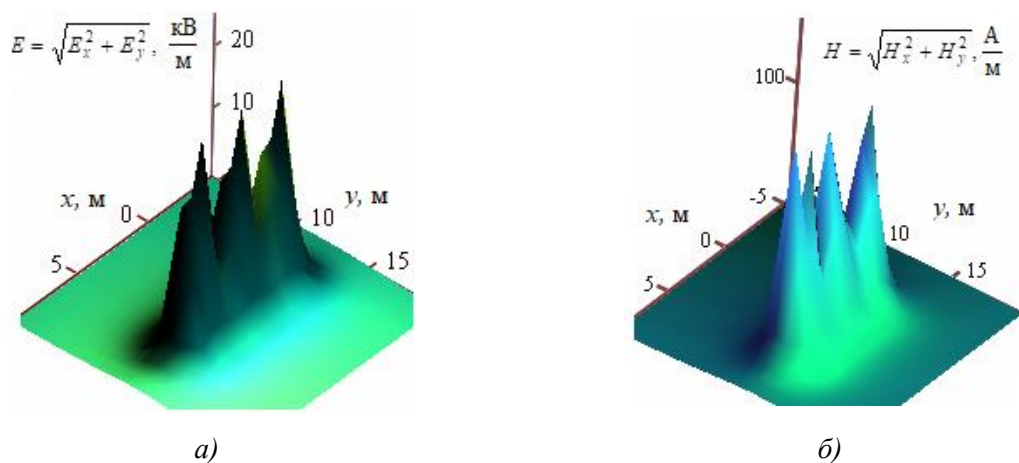


Рис. 5. Объемные диаграммы напряженностей электрического (а) и магнитного (б) полей УСВЛ при  $\theta = 180^\circ$

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- 1) максимальное значение амплитуды напряженности электрического поля  $E_{\max}$  наблюдается при использовании типовой воздушной линии (рис. 4, а);
- 2) максимум напряженности магнитного поля  $H_{\max}$  имеет место в УСВЛ при нулевом угле  $0^\circ$  между напряженностями цепей (рис. 4, б);

- 3) выводы 1 и 2 полностью соответствуют результатам моделирования при изменяющихся во времени тяговых нагрузках;
- 4) при работе на УСВЛ без снятия напряжения напряженности ЭМП превышают допустимые уровни (рис. 5);
- 5) при использовании УСВЛ в системах внешнего электроснабжения железных дорог наблюдаются значительные вариации уровней напряженности ЭМП (рис. 6);
- 6) наименьшие значения напряженностей электрического и магнитного полей создаются при угле  $180^\circ$  между напряжениями цепей УСВЛ; максимум напряженности электрического поля почти в пять раз меньше, чем при использовании типовой ЛЭП; для напряженности магнитного поля снижение достигает девятикратного значения.

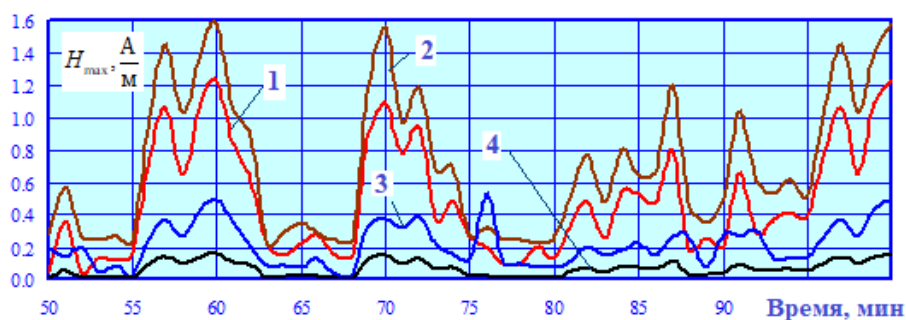


Рис. 6. Динамика изменений напряженностей магнитного поля на высоте 1,8 м при питании тяговых подстанций от УСВЛ; цифровые обозначения аналогичны рис.3

## Заключение

Разработаны цифровые модели, позволяющие определять напряженности электромагнитных полей, создаваемых управляемыми самокомпенсирующимися линиями электропередачи. Алгоритм моделирования ЭМП УСВЛ реализован в промышленном программном комплексе Fazonord. Модели являются универсальными и могут быть распространены на УСВЛ любого класса напряжения.

Моделирование электромагнитных полей УСВЛ 110 кВ показало, что уровни напряженностей ЭМП существенно зависят от фазового сдвига между цепями. С ростом фазового сдвига от нуля до  $180^\circ$  градусов максимальные значения амплитуд напряженностей ЭМП УСВЛ на высоте 1,8 метра уменьшаются.

Разработанные цифровые модели УСВЛ могут применяться на практике для выбора рациональных мероприятий по обеспечению безопасной работы персонала при воздействии электромагнитных полей.

## Список использованных источников

1. Применение управляемых самокомпенсирующихся линий электропередач для повышения пропускной способности воздушной линии типовой конструкции / Е.Е. Якубова, Р.В. Тимохин, Р.А. Султанов [и др.] // Научный журнал. – 2019. – № 7(41). – С. 65-68. – EDN VLHSHV.
2. Основные принципы создания и характеристики управляемых самокомпенсирующихся линий электропередачи / В.М. Постолатий, Е.В. Быкова, Ю.Г. Шакарян [и др.] // Электротехнические и компьютерные системы. – 2017. – № 25(101). – С. 216-229. – EDN YZMVVB.
3. Эффективность компактных управляемых высоковольтных линий электропередачи / В. М. Постолатий, Е. В. Быкова, В. М. Суслов [и др.] // Проблемы региональной энергетики. – 2015. – № 3(29). – С. 1-17. – EDN VJUKRR.
4. Postolaty V., Bycova E. and Berzan V. Compact and Controllable Electric Lines. // 2019 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN), Craiova, Romania. – 2019. – P. 1–6. Doi: 10.1109/SIELMEN.2019.8905859.
5. Закарюкин В. П., Крюков А. В. Сложнонесимметричные режимы электрических систем. – Иркутск, 2005. – 273 с.
6. Буюкова Н.В., Закарюкин В.П., Крюков А.В. Электромагнитная безопасность в системах электроснабжения железных дорог: моделирование и управление: монография / под общ. ред. А.В. Крюкова. – Ангарск: АнГТУ, 2018. – 382 с.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТИВНЫХ ЗОН БЫСТРЫХ РЕАКТОРОВ СО СВИНЦОВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ DOLCE VITA

Фомин А.А.<sup>1</sup>, Григорьева А.В.<sup>2</sup>, Чертков Ю.Б.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, ИЯТШ, группа 0АМ22, aaf42@tpu.ru

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, ИЯТШ, группа 0АМ31, avg86@tpu.ru

<sup>3</sup>Томский политехнический университет, ОЯТЦ ИЯТШ, доцент, chertkov@tpu.ru

## Введение

Замыкание ядерно-топливного цикла возможно с использованием ядерных реакторов на быстрых нейтронах с жидкотеплоносительным теплоносителем (ЖМТ). Один из передовых проектов в этой области – реактор естественной безопасности со свинцовым теплоносителем [1]. Существующие программы для расчёта нейтронно-физических характеристик приспособлены для расчёта реакторов на тепловых нейтронах, ввиду чего их применение для реакторов с ЖМТ ограничено. Одной из специализированных программ для расчёта реакторов на быстрых нейтронах является разработанный в ИБРАЕ расчётный код DOLCE VITA/E1.0 с графической оболочкой SMART.

Целью данной работы являлся расчёт ядерного реактора со свинцовым теплоносителем с помощью этой программы в стационарном и динамическом режимах работы.

## Описание алгоритма

Расчётный код DOLCE VITA/E1.0 предназначен для стационарных и динамических нейтронно-физических расчетов реакторов на быстрых нейтронах с ЖМТ. Расчётный код работает совместно с графической оболочкой SMART, позволяющей упростить работу с расчётным кодом и выходными файлами [2] и наглядно представить результаты ее работы. Достоинством расчётного кода является его быстродействие, возможности моделирования динамических процессов ядерного реактора, таких как изменение уровня мощности, перемещение регулирующих стержней.

Нейтронно-физический код DOLCE VITA/E1.0 реализован на языке программирования FORTRAN с использованием технологий параллельных расчетов MPI и OpenMP. Обеспечена совместимость с различными компиляторами FORTRAN. В коде DOLCE VITA/E1.0 нейтронно-физические характеристики реактора рассчитываются на основе многогруппового уравнения переноса нейтронов в диффузионном приближении [2].

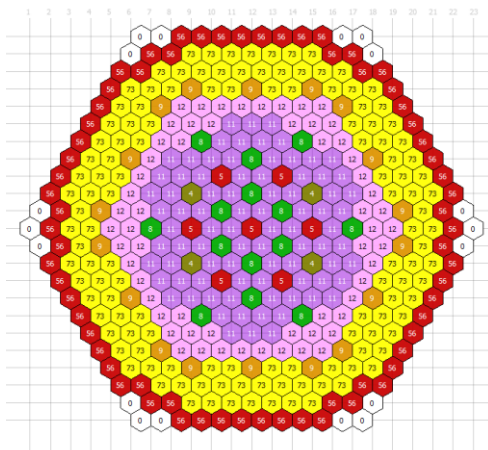


Рис. 1. Картограмма активной зоны реактора в графической оболочке SMART

В данной работе была создана расчетная модель ядерного реактора со свинцовым теплоносителем, проведены расчеты стационарного околокритического состояния и смоделирован процесс изменения его параметров при повышении мощности до 600 МВт. Для тестирования программы была создана модель данного реактора в рамках программы MCU-5TRU, проведены расчеты стационарного состояния.

В графической оболочке SMART была подготовлена расчётная модель ядерного реактора со свинцовым теплоносителем, картограмма активной зоны модели представлена на рис. 1 [3]. Сравнение

результатов расчета стационарного состояния данного реактора показало, что по расчетному коду DOLCE VITA/E1.0  $k_{eff}$  составил 1.004099, а по коду MCU-5TPU - 1.004301. Различие между значениями двух расчётных программ составило не более 0.02 %. Полученные результаты соответствуют заявленной точности расчёта кода DOLCE VITA/E1.0 при значительно меньшем времени расчёта и более простом создании моделей.

Моделирование динамического процесса повышения уровня мощности реактора с 0.1 %  $N_{ном}$  до 100 %  $N_{ном}$  было проведено с помощью программы DOLCE VITA/E1.0 и графической оболочки SMART. Использование системы контрольных функций позволило смоделировать перемещение регулирующих стержней в модели ядерного реактора и изменять время моделирования процесса изменения уровня мощности реактора [4].

Время увеличения мощности ядерного реактора в данном расчете составило 90 секунд. Для моделирования этого интервала времени компьютерное время работы составило ~120 минут. Изменение мощности реализовано при помощи четырёх стержней автоматического регулирования и 14 компенсирующих стержней, скорость перемещения стержней составила 3.2 см/с [3]. График моделирования процесса изменения тепловой мощности модели ядерного реактора представлен на рис. 2.

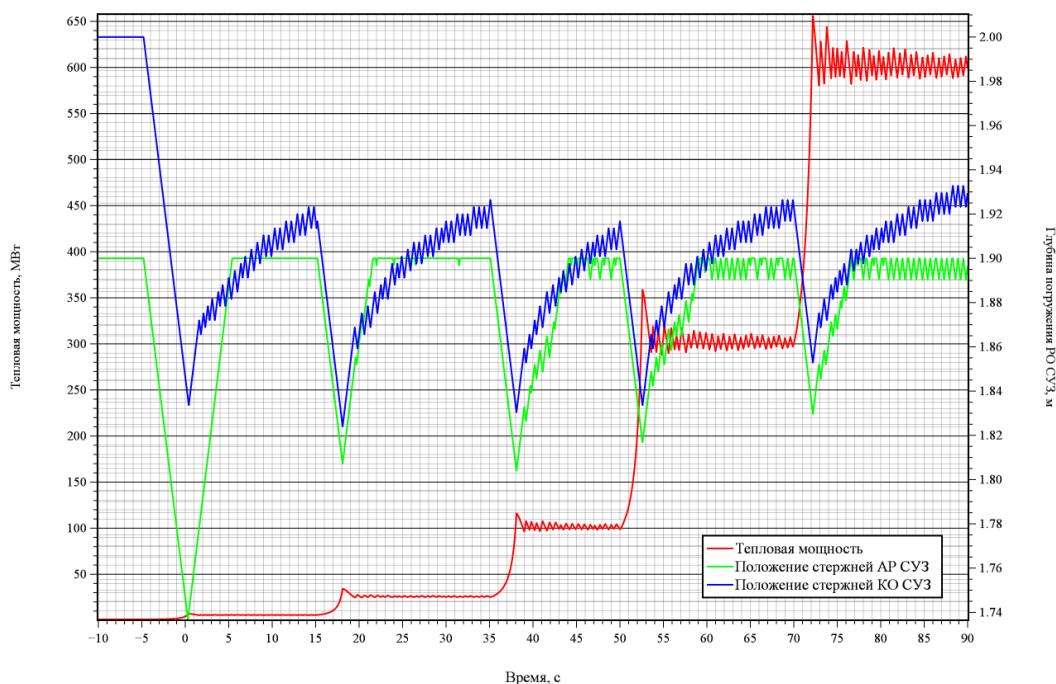


Рис. 2. Процесс изменения уровня мощности ядерного реактора с 0.1 %  $N_{ном}$  до 100 %  $N_{ном}$

На приведенной диаграмме изменения мощности хорошо просматривается реализованный алгоритм управления: для повышения мощности с помощью стержней автоматического регулирования вводится положительная реактивность. После достижения очередного уровня мощности проводится стабилизация мощности и перекомпенсация регулирующих органов: стержни АР возвращаются в исходное положение (1.90 м), а стержни КО компенсируют это перемещение и стабилизируют мощность и критическое состояние.

Представленный рисунок создан в графической оболочке SMART, с использованием встроенных инструментов по работе с выходными данными и оформлением графических материалов.

Совместное использование расчётного кода DOLCE VITA/E1.0 и графической оболочки SMART позволяет рассчитывать статические и динамические процессы в ядерном реакторе с ЖМТ, обрабатывать результаты расчёта во встроенном редакторе.

## Заключение

В работе было рассмотрено применение расчётного кода DOLCE VITA/E1.0 и графическая оболочка SMART для моделирования стационарного и динамического моделирования работы быстрого реактора с ЖМТ.

Эффективный коэффициент размножения нейтронов в двух программах: для DOLCE VITA/E1.0 значение  $k_{\text{eff}}$  составило 1.004099, для MCU  $k_{\text{eff}}$  - 1.004301. Сравнение результатов работы такого реактора в стационарном состоянии в изучаемом коде и коде MCU показало, что реактивность при расчетах отличается на  $\sim 0.02\%$ . Это показывает очень хорошую точность для стационарных нейтронно-физических расчётов.

Проведено моделирование динамического процесса изменения мощности ядерного реактора с  $0.1\% N_{\text{ном}}$  до  $100\% N_{\text{ном}}$ . Определено перемещение органов регулирования при изменении мощности, определена возможность использования DOLCE VITA/E1.0 для моделирования динамических процессов.

В дальнейшем планируется продолжение освоения программы DOLCE VITA/E1.0 и её графической оболочки SMART. Будет разработана аналогичная модель для реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем, и рассчитаны динамические процессы с использованием расчётного кода DOLCE VITA/E1.0.

#### **Список использованных источников**

1. Саркисов А.А., Пучков В.Н. Нейтронно-физические процессы в быстрых реакторах с тяжелыми жидкометаллическими теплоносителями // Москва. – ИБРАЭ РАН. – Наука. – 2011. – 168 с.
2. Белов А.А. и др. Отраслевой нейтронно-физический расчетный код на базе диффузионного приближения. учебная версия 1.0 (DOLCE VITA/E1. 0) – 2019 – 315 с.
3. Сорокин А.П. и др. Теплогидравлические исследования активной зоны и узлов оборудования быстрых реакторов с жидкометаллическими теплоносителями // Труды Шестой Российской национальной конференции по теплообмену. – 2014. – С. 138-143.
4. Березнев В.П., Колташев Д.А., Шурыгин Р.Е. Кросс-верификация нейтронно-физических кодов CORNER и MCU-FR на моделях перспективных реакторов на быстрых нейтронах. – 2023 – 2 с.

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ОМСКЭНЕРГОСБЫТ»

*Полковская М.Н.<sup>1</sup>, Наумов И.В.<sup>2,3</sup>*

*<sup>1</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, доцент, e-mail: polk\_mn@mail.ru*

*<sup>2</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,*

*<sup>3</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет, профессор, e-mail: professorsnaumov@list.ru*

### **Введение**

Обеспечение бесперебойной передачи электрической энергии потребителям является одной из важнейших задач энергоснабжающих организаций. Осуществление непрерывного электроснабжения возможно только при длительном сохранении работоспособности элементов электрических сетей. В связи с этим одной из наиболее актуальных задач повышения надёжности уровня электроснабжения является исследование различных аспектов, связанных с возникновением аварийных отключений и повышением «живучести» оборудования в изменяющихся условиях эксплуатации.

Для вероятностной оценки и прогнозирования отказов элементов электрических сетей используются методы теории вероятностей и математической статистики, а также корреляционно-регрессионного анализа [1-3]. Целью исследования является превентивная оценка отказов элементов электрических сетей по данным ОАО «Омскэнерго-сбыт».

### **Материалы и методы**

Для превентивной оценки повреждаемости элементов электрических сетей использованы методы теории вероятностей и регрессионного анализа. В качестве исходных данных взяты данные по аварийным отключениям, произошедшим в электрических сетях, принадлежащих ОАО «Омскэнерго-сбыт» за 2014-2022 гг.

### **Результаты и обсуждение**

Среди наиболее распространенных методов прогнозирования можно выделить статистические и методы Data Mining. Статистические методы используются для вероятностной оценки и прогнозирования анализируемого показателя, к ним относятся: методы теории вероятностей и математической статистики; регрессионного анализа; максимального правдоподобия; экстраполяции временных рядов и др. В случаях, когда временной ряд является случайным, для вероятностной оценки его значений применяются законы распределения вероятностей. В частности, для моделирования аварийных отключений можно использовать нормальное, Гамма, Вейбулла, Пирсона III типа, трехпараметрическое степенное распределения [4]. При этом обязательным условием для применения законов распределения вероятностей является отсутствие между значениями исследуемого параметра автокорреляционной связи, наличие или отсутствие которой определяют по коэффициенту автокорреляции [3].

Как правило, рассматривают три ситуации: значения исследуемого параметра обладают сильной внутрирядной связью, коэффициент автокорреляции ( $R_\tau$ ) больше 0,7; имеет место слабая значимая внутрирядная связь ( $0,3 \leq R_\tau \leq 0,7$ ) и случайный ряд ( $R_\tau \leq 0,3$ ). В первом случае, когда коэффициент автокорреляции высокий, можно строить авторегрессионные уравнения и осуществлять прогноз исследуемого показателя, в том числе с помощью кибернетических методов на основе использования искусственных нейронных сетей [5, 6]. В двух других случаях для моделирования аварийных отключений применимы законы распределения вероятностей [2].

В работе [6] выполнен анализ передачи электрической энергии по электрическим сетям ОАО «Омскэнерго-сбыт» за период 2014-2022 гг., в ходе которого проанализированы структурно-балансовые особенности компании, дана характеристика основных элементов исследуемых электрических сетей и отмечены некоторые недостатки при раскрытии информации. На основе опубликованной в открытой печати информации по уровню аварийности в электрических сетях компании, произведена оценка количества аварийных ситуаций, возникших за исследуемый период, а также величины недоотпуска электрической энергии, обусловленного этими перерывами. При этом произведённый анализ коэффи-

циентов автокорреляции, рассчитанных на основании данных об аварийных отключениях ОАО «Омскэнергосбыт» по месяцам за 2014-2022 гг., показал, что все ряды являются случайными или слабосвязанными.

Прогностические модели, позволяющие рассчитывать значения исследуемого параметра на кратко- и среднесрочную перспективу представляют наибольший интерес и практическую значимость при оценке событий отказов, вызванных различными причинами [3, 7]. Для прогнозирования количества отказов элементов электрической сети можно использовать линейные и нелинейные тренды. В ходе анализа данных об аварийных отключениях в электрических сетях ОАО «Омскэнергосбыт» за 2014-2022 гг. по месяцам установлено, что более высокое качество прогноза дают полиномиальные тренды (табл. 1), хотя критериям точности и адекватности по некоторым месяцам могут также удовлетворять линейные и степенные зависимости. Согласно полученным моделям, число аварий увеличивается практически по всем месяцам, за исключением мая.

Таблица 1

*Тренды аварийных отключений электрических сетей ОАО «Омскэнергосбыт» по месяцам 2014-2022 гг.*

Месяц	Уравнение тренда
Январь	$y = 2,5574x^2 - 15,657x + 65,524$
Апрель	$y = -2,657x^2 + 40,707x - 3,969$
Май	$y = 4,7706x^2 - 18,872x + 131,74$
Июль	$y = 13,125x^2 - 105,1x + 345,3$
Сентябрь	$y = 1,5503x^2 - 2,8153x + 89,346$
Ноябрь	$y = 14,143x^2 - 87,657x + 211,8$

Поскольку трендовые зависимости получены лишь для шести месяцев. Кроме того, для рядов аварийных отключений по месяцам построены тренд-сезонные зависимости. Для выделения составляющих временных рядов использована модель «Кассандра», основанная на применении метода наименьших квадратов [8].

Основное уравнение модели выглядит следующим образом:

$$x_t = y_t + s_t + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где  $y_t$  – тренд, гладкая кривая, отражающая эволюционные изменения ряда  $x_t$ ;  $s_t$  – сезонные колебания;  $\varepsilon_t$  – остаточный член.

Согласно полученному тренду (2), число отказов элементов электрической сети со временем незначительно увеличивается:

$$y_t = 0,70 t + 91,53. \quad (2)$$

Индексы сезонности ( $s_t$ ), отражающие отклонение исследуемого показателя от тренда в сторону уменьшения или увеличения, приведенные на рис. 1 свидетельствуют об увеличении числа аварийных отключений в весенние и летние месяцы.

Произведённым анализом установлено, что в сентябре значение исследуемого показателя остается незначительно повышенным, а в последующие месяцы начинает снижаться, вплоть до февраля. Можно предположить, что большое количество аварий может быть обусловлено неблагоприятными погодными условиями весной (ветер, обледенение, повышенная влажность) и повышением температуры в летние месяцы, влекущим за собой увеличение тепловой нагрузки на провода линий электропередачи электрических сетей.

На рис. 2 приведены фактические данные и результаты ретроспективного прогноза аварийных отключений в электрических сетях ОАО «Омскэнергосбыт» по месяцам. Представленный график показывает, что в последние годы значения этих показателей близки, вместе с тем имеют место значения, выпадающие из общего ряда.

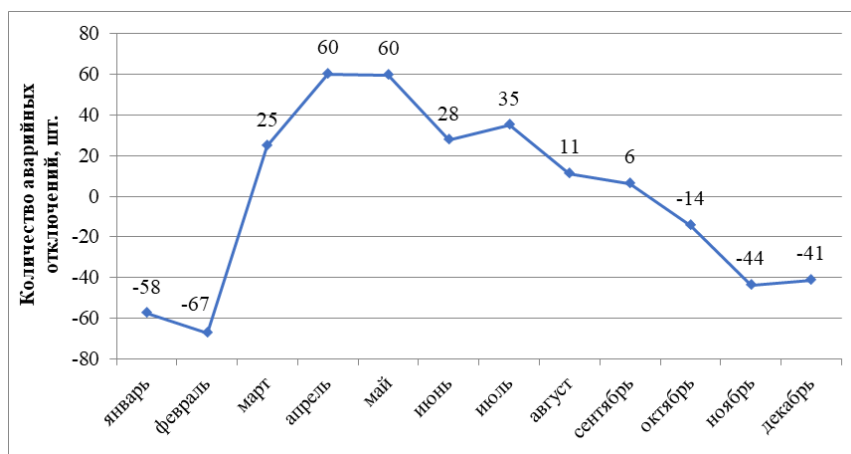


Рис.1. Индексы сезонности аварийных отключений в электрических сетях ОАО «Омскэнерго-сбыт» по данным за 2014-2022 гг.

Например, количество аварий в марте 2018 г. составило 367, в апреле 2020 г. – 508, в мае 2022 г. – 437. Поскольку экстремальные значения свойственны весенним месяцам, можно предположить, что аварии были спровоцированы климатическими факторами.

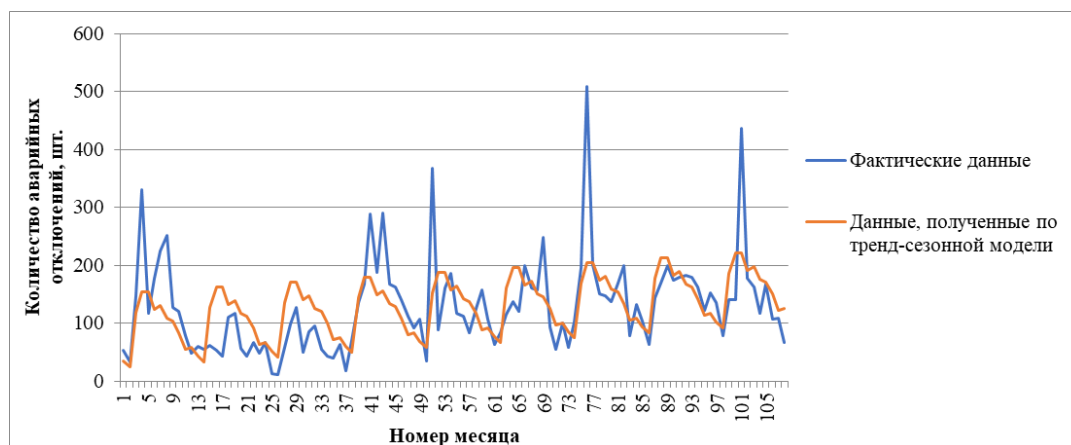


Рис. 2. Фактические данные и результаты ретроспективного прогноза аварийных отключений в электрических сетях ОАО «Омскэнерго-сбыт» по месяцам за 2014-2022 гг.

## Заключение

На основании данных об аварийных отключениях в электрических сетях ОАО «Омскэнерго-сбыт» по месяцам за 2014-2022 гг. проведено исследование возможностей использования методов математической статистики для их превентивной оценки. При этом установлено следующее.

1. Оценка наличия автокорреляционной связи показала, что значения количества событий отказов по всем месяцам за период 2014-2022 гг. являются случайными или слабосвязанными и могут быть оценены с помощью законов распределения вероятностей.
2. В ходе анализа зависимости рассматриваемого показателя от времени получены полиномиальные тренды, отвечающие критериям точности и адекватности.
3. Наиболее эффективным методом для превентивной оценки аварийных отключений в исследуемых электрических сетях компании ОАО «Омскэнерго-сбыт» является использование тренд-сезонных моделей, учитывающих изменчивость событий отказов по месяцам года.

## Список использованных источников

1. Chatterjee S., Roy B. Prediction of Line Contingency Catastrophic Failures Using Synchrophasor // Journal of Control Automation and Electrical Systems. 2019. – Vol. 30. – N 6. – P. 1107-1115. –DOI: 10.1007/s40313-019-00501.
2. Багметов А.А., Сазыкин В.Г., Кудряков А.Г. Законы распределения отказов при оценке надежности электрических сетей Кубани // Приоритетные направления исследований в рамках естественных и технических



наук в XXI веке : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 27 февраля 2018 г. / Под общ. ред. Е. П. Ткачевой. – Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2018. – С. 146-150.

3. Маньков К.В., Акимов Д.А., Волтов И.П. Прогнозирование аварийных отключений линий электропередач на основе данных о погоде и прошлых аварийных отключениях // Электроэнергетика глазами молодежи: материалы XII Международной научно-технической конференции, Нижний Новгород, 16–19 сентября 2022 года. Том Часть II. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2022. – С. 113-116.

4. Волков Н.Г., Сивков А.А., Сайгаш А.С. Надежность электроснабжения: учебное пособие // Томский политехнический университет. – 2-е изд., доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 160 с.

5. Бильгаева Л.П., Власов К.Г. Исследование моделей нейросетевого прогнозирования в среде Matlab // Приложение математики в экономических и технических исследованиях. – 2017. – № 1(7). С. 11-19.

6. Наумов И.В. Проблемы аварийности электропередачи (на примере компании ОАО «Омскэнергосбыт») // Надежность и безопасность энергетики. – 2023. – Т. 16 – №3 – С. 133 – 142

7. Иваньо Я.М., Наумов И.В., Полковская М.Н. Моделирование отказов элементов городской электрической сети (10 кВ) на примере правобережного округа города Иркутска // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 9(203). – С. 87-98. – DOI 10.53083/1996-4277-2021-203-09-87-98.

8. Зоркальцев В.И. Многолетние вариации температур и их влияние на экономику и энергетику. – Новосибирск: Изд-во «Гео», 2017. – 179 с.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОИМПУЛЬСНОГО ПОЛЕТА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ОТ ЗЕМЛИ К УРАНУ

Исаченков Н.Ю.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>ЯрГУ им. П.Г. Демидова, магистрант, 1 курс, группа ПИЭ-13МО,

e-mail: isnickjust@gmail.com

## Введение

В данной работе исследуется движение космического аппарата, начинающего движение с поверхности Земли с третьей космической скоростью, в рамках модели ограниченной плоской круговой задачи семи тел «Солнце-Земля-Марс-Юпитер-Сатурн-Уран-тело с ничтожно малой массой» с тесными сближениями с поверхностью Марса, Юпитера и достижением планеты Уран. Все расчеты численного интегрирования дифференциального уравнения методом Рунге-Кутты четвертого порядка проведены в системе компьютерной алгебры «Maple».

Цель исследования: рассчитать одноимпульсный полет космического аппарата от Земли к Урану.

Задачи работы:

- построить оригинальную траекторию космического аппарата;
- провести численные эксперименты одноимпульсного полета космического аппарата.

Актуальность исследования связана с энергетической выгодностью применения одноимпульсных полетов космических аппаратов, так как при таких полетах в космическом пространстве нет необходимости в торможении или ускорении двигателем, а значит совсем нет топливных затрат. Энергия сжигания топлива потребуется только для вывода космического аппарата на орбиту в космосе. При этом остается возможность плановой корректировки орбиты космического аппарата посредством его взаимодействия с другими небесными телами в космическом пространстве без топливных затрат с помощью предварительных точных расчетов.

Новизна работы состоит в исследовании модифицированной модели одноимпульсного полета космического аппарата от Земли к Урану с гравитационными маневрами возле Марса и Юпитера в рамках ограниченной плоской круговой задачи семи тел.

## Основная часть

Представим дифференциальное уравнение движения тела с ничтожно малой массой в форме (1) – с одной независимой переменной  $v_E$  [1].

$$\left(\frac{d^2r}{dv_E^2}\right) \omega_E^2 = -\frac{Gm_{Sun}r}{r^3} - \frac{Gm_E(r-r_E)}{|r-r_E|^3} - \frac{Gm_M(r-r_M)}{|r-r_M|^3} - \frac{Gm_Y(r-r_Y)}{|r-r_Y|^3} - \frac{Gm_S(r-r_S)}{|r-r_S|^3} - \frac{Gm_U(r-r_U)}{|r-r_U|^3}, \quad (1)$$

где:  $r$ ,  $r_E$ ,  $r_M$ ,  $r_Y$ ,  $r_S$ , и  $r_U$  – гелиоцентрические радиус-векторы космического аппарата, Земли, Марса, Юпитера, Сатурна и Урана, соответственно.  $m_{Sun}$ ,  $m_E$ ,  $m_M$ ,  $m_Y$ ,  $m_S$ , и  $m_U$  – массы Солнца, Земли, Марса, Юпитера, Сатурна и Урана, соответственно.  $v_E$  – средняя долгота Земли,  $\omega_E$  – угловая скорость орбитального движения Земли, равномерно вращающейся по круговой орбите вокруг Солнца [2]. Орбиты Марса, Юпитера, Сатурна и Урана также считаем круговыми, а их средние долготы пропорциональны  $v_E$  [3]. В данной небесномеханической модели  $v_M$ ,  $v_Y$ ,  $v_S$ ,  $v_U$  – средние долготы Марса, Юпитера, Сатурна и Урана, соответственно.  $G$  – гравитационная постоянная.

Средняя долгота орбиты Земли ( $v_E$ ) – это угол в радианах, на который повернулась Земля вокруг Солнца после старта космического аппарата относительно своего первоначального положения.

Согласно вычислениям, для модели семи тел в международной системе единиц третья космическая скорость для тел, находящихся вблизи поверхности Земли, составляет 16652,01 м/с [4].

Подберем такие начальные условия средних долгот Земли, Марса, Юпитера, Сатурна и Урана при которых космический аппарат, стартующий с Земли с третьей космической скоростью, долетит до Урана, сближаясь с поверхностями Марса и Юпитера. Тогда для начальных условий, равных:  $v_{E0}=0$  рад.,  $v_{M0}=0.7324217$  рад.,  $v_{Y0}=1.81700711$  рад.,  $v_{S0}=2.1741$  рад.,  $v_{U0}=3.25878859$  рад.,  $x_0=1+R_E$  а.е.,  $y_0=0$  а.е.,  $dV_{ES}=29780$  м/с,  $dV_S=16652,01$  м/с, траектория космического аппарата представлена на графике (рис. 1). Минимальное расстояние между космическим аппаратом и планетами: Марсом, Юпитером, Ураном (в зависимости от  $v_E$ ) показано на графиках (рис. 2, рис. 3, рис. 4, соответственно).

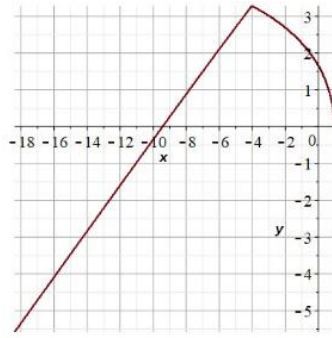


Рис. 1. Траектория движения космического аппарата относительно Солнца:  
 $x$  – значение координаты на горизонтальной оси;  
 $y$  – значение координаты на вертикальной оси;  
 $v_E = 14.9$  рад. – максимальное значение средней долготы Земли

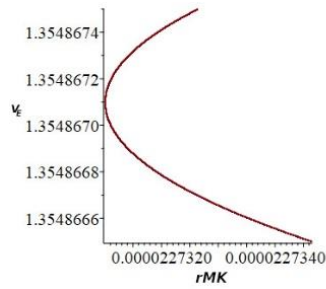


Рис. 2. Минимальное расстояние между космическим аппаратом и Марсом:  
 $r_{MK} \approx 0.000022731$  а.е. – значение расстояния;  
 $v_E \approx 1.3548671$  рад. – значение средней долготы Земли

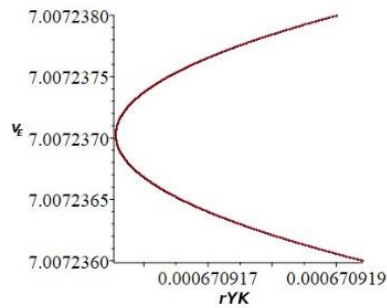


Рис. 3. Минимальное расстояние между космическим аппаратом и Юпитером:  
 $r_{YK} \approx 0.0006709155$  а.е. – значение расстояния;  
 $v_E \approx 7.007237$  рад. – значение средней долготы Земли

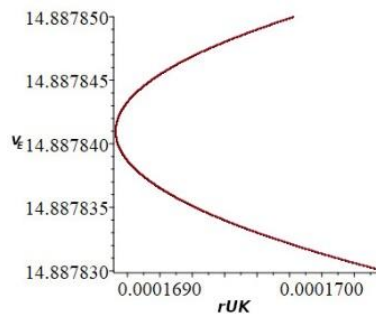


Рис. 4. Минимальное расстояние между космическим аппаратом и Ураном:  
 $r_{UK} \approx 0.0001687$  а.е. – значение расстояния;  
 $v_E \approx 14.887841$  рад. – значение средней долготы Земли

## Заключение

Расчет времени одноимпульсного полета космического аппарата от Земли до конечной точки в модели ограниченной плоской круговой задачи семи тел осуществляется по следующей формуле:

$$t = \frac{v_E \cdot T_E}{2 \cdot \pi} \approx \frac{14.887841 \text{ рад} \cdot 365.2564 \text{ суток}}{2 \cdot \pi} \approx 865 \text{ суток} \approx 2 \text{ года } 4 \text{ месяца } 15 \text{ дней}.$$

На графике (рис. 1) видно, что после гравитационного маневра возле Юпитера траектория космического аппарата значительно изменится, так как масса Юпитера слишком велика, а значит его гравитационное воздействие очень сильно. Гравитационные маневры нужны для того, чтобы изменить скорость космического аппарата без затрат каких-либо ресурсов, изменить траекторию полета космического аппарата, а также большую полуось орбиты космического аппарата, кроме того, увеличить или сократить время полета до конечной точки. Для максимальной пользы необходимо, чтобы космический аппарат сблизился как можно сильнее с поверхностью небесного тела, но не коснулся ее.

Минимальное расстояние между космическим аппаратом и Ураном немного меньше радиуса этой планеты. Это означает, что космический аппарат войдет в атмосферу Урана.

## Список использованных источников

1. Рой А.Э. Движение по орбитам // Редакция литературы по космическим исследованиям, астрономии и геофизике – Москва. Издательство Мир, 1981. – 544 с.
2. Перов Н.И., Ерохин А.А. Одноимпульсный полет космического аппарата от Земли к Луне и Марсу с возвращением к Земле // Математика и информатика, астрономия и физика, экономика и совершенствование их преподавания. Материалы конференции «Чтения Ушинского» – Ярославль: РИО ЯГПУ, 2017. – С. 223–228.
3. Перов Н.И. О небесных телах, пересекающих орбиты Марса, Земли и Луны // Математика и информатика, астрономия и физика, экономика и совершенствование их преподавания. Материалы конференции «Чтения Ушинского» – Ярославль: РИО ЯГПУ, 2017. – С. 211–217.
4. Исаченков Н.Ю. Одноимпульсный полет космического аппарата с третьей космической скоростью от Земли к Юпитеру в рамках задачи шести тел // XXIV Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартговского государственного университета. Материалы конференции. Под общей редакцией Д.А. Погоньшева. – Нижневартговск, 2022. – С. 60–64.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ КАПЕЛЬ ЖИДКОСТИ В ГИБРИДНОЙ ГРАДИРНЕ С ОРЕБРЕННЫМИ ТРУБАМИ

Маясова А.О.<sup>1</sup>, Четырчинский Я.В.<sup>2</sup>, Мадышев И.Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра ОПП, младший научный сотрудник, e-mail: mayasovaaao@mail.ru

<sup>2</sup> НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра МАХП, аспирант, e-mail: forwork-777-777@yandex.ru

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра ОПП, старший научный сотрудник, e-mail: ilnyr\_91@mail.ru

### Введение

В различных отраслях промышленности и энергетике градирни широко распространены и используются для охлаждения больших объёмов жидкости или отвода тепла от технологического оборудования, а также в системах охлаждения и кондиционирования воздуха. Особенностью гибридных градирен является возможность регулирования процессов тепло- и массообмена в зависимости от температурных условий окружающей среды. Так, в летнее время года на системы оборотного водоснабжения, в частности, на градирни приходится повышенная тепловая нагрузка, связанная с невысоким перепадом температур циркуляционной воды и атмосферного воздуха. В связи с этим, предлагается использование орошения рабочих поверхностей теплообмена для увеличения тепло- и массоотдачи за счет испарения части жидкости, аналогично испарительным градирням. В зимнее же время года возможна работа только «сухой» части гибридной градирни, что позволяет исключить унос жидкой фазы из аппарата.

Для решения указанных проблем авторами разработана трубчатая гибридная градирня, имеющая возможность работать как в «сухом», так и в орошаемом режимах. Циркуляционная вода находится в закрытом контуре аппарата, что позволяет исключить прямой контакт с атмосферным воздухом. Для орошения рабочих поверхностей (радиатора) гибридной градирни, используется поток жидкости, поступающий так же на охлаждение, но предварительно охлажденный за счет смешения с подпиточной водой. Радиаторы труб в гибридной градирне служат поверхностью теплопередачи от атмосферного воздуха к охлаждаемой воде [1].

Целью проводимых численных исследований является определение эффективности осаждения дисперсных частиц (капель жидкости) на трубчатых элементах гибридной градирни, выполненные с поперечным оребрением. Стоит отметить, что выполнение оребрения труб позволяет выравнивать термические сопротивления теплоотдачи и увеличивать тепловую мощность [2]. Кроме того, важным является исследование влияния схемы расположения оребренных труб на эффективность сепарации частиц жидкости в оросительной части гибридной градирни.

### Описание моделирования

Для данного исследования были созданы две трехмерные модели блока оросителей гибридной градирни размерами в поперечном сечении 100x100 мм, с использованием двух схем расположения труб, представленные на рис. 1. Наружный диаметр труб радиатора составлял 8 мм, а наружный диаметр ребер – 18 мм. Высота блоков оросителей гибридной градирни принималась равной 150 мм. При одинаковых геометрических размерах устройства количество труб, расположенных по вершинам равнобедренного треугольника составило 21, при схеме размещения по вершинам квадратов – 18. Схемы размещения оребренных труб в блоке оросителя гибридной градирни с основными размерами представлены на рис. 1. Геометрические размеры оребрения труб представлены на рис. 2.

Исследования проводились в CFD комплексе, в котором было смоделировано взаимодействие потоков жидкости и газа в системе воздух-вода при температуре 20 °С. Начальное местоположение капель воды различных диаметров принято на нижней кромке блока оросителя.

Эффективность сепарации оросителя, состоящего из оребренных труб, оценивалась с помощью величины эффективности осаждения дисперсных частиц (капель воды) по формуле:

$$E = 1 - \frac{N}{N_0}, \quad (1)$$

где  $N_0$  – общее количество дисперсных частиц;  $N$  – количество частиц на выходе из оросительной части гибридной градирни.

В ходе численных исследований средний диаметр капель воды изменялся в пределах 0,5 – 3 мм, а среднерасходная скорость воздуха от 1,5 до 6 м/с. Количество капель воды на входе в исследуемый

блок оросителя принималось равным 1000. На всех поверхностях труб и ребер радиатора гибридной градирни принималось условие прилипания [3].

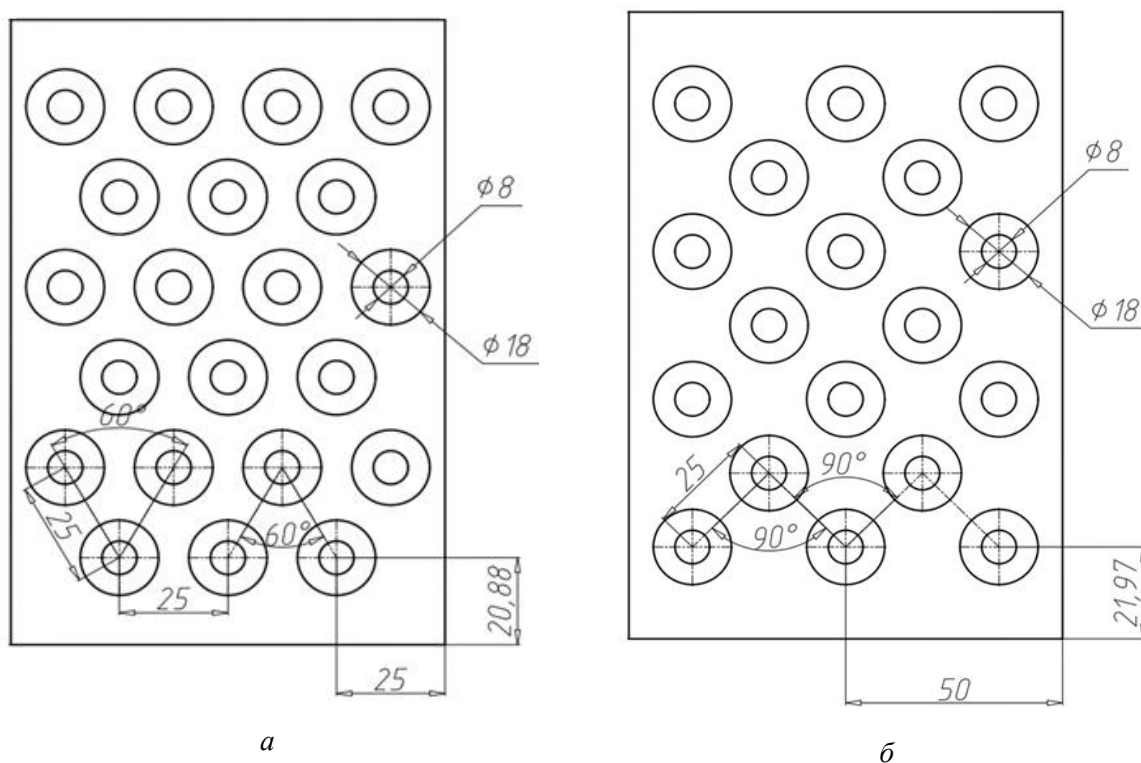


Рис. 1. Схемы размещения труб в корпусе гибридной градирни: а – по вершинам равностороннего треугольника; б – по вершинам квадратов

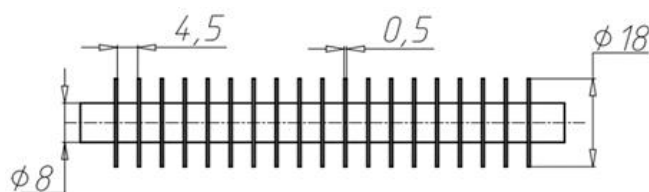


Рис. 2. Геометрические размеры ребренной трубы

## Результаты и их обсуждение

Результаты исследований показывают, что при размещении труб по вершинам равностороннего треугольника эффективность осаждения капель жидкости существенно отличается при среднерасходных скоростях воздуха до 3 м/с (рис. 3, а). Так, установлено, что при среднерасходной скорости воздуха равной 1,5 м/с эффективность осаждения капель воды диаметром 0,5 мм составляет 56,7 %. В то же время при диаметре капель равным 2 мм эффективность достигает 88,6 %. При среднерасходной скорости воздуха более 3 м/с эффективность осаждения капель жидкости выходит на постоянное значение равное в среднем 54,6 %.

При размещении ребренных труб радиатора по вершинам квадратов наблюдается незначительное снижение эффективности осаждения капель жидкости при среднерасходных скоростях воздуха более 2 м/с (рис. 3, б). Однако, стоит отметить, что это снижение составляет не более 3,56 %. В целом, эффективность осаждения частиц при размещении труб радиатора по вершинам квадратов несколько ниже по сравнению со схемой по вершинам равностороннего треугольника. Так, при среднем диаметре капель воды равным 0,5 мм эффективность осаждения частиц при размещении труб радиатора по вершинам квадратов составляет 46,2 %, а при размещении труб по вершинам равностороннего треугольника – 55,3 %.

Кроме того, расположение труб по вершинам равностороннего треугольника позволяет увеличить поверхность теплопередачи [4], что в исследуемой конструкции гибридной градирни составляет

17,8 %. Сравнительный анализ эффективности осаждения капель жидкости в блоке оросителя с оребрением труб и без, показывает, что при размещении труб по вершинам равностороннего треугольника наличие оребрения труб, как правило, позволяет увеличить эффективность осаждения частиц. Так, например, при среднерасходной скорости воздуха равной 1,5 м/с эффективность осаждения капель воды диаметром 3 мм с поперечным оребрением труб возрастает на 59,0 %.

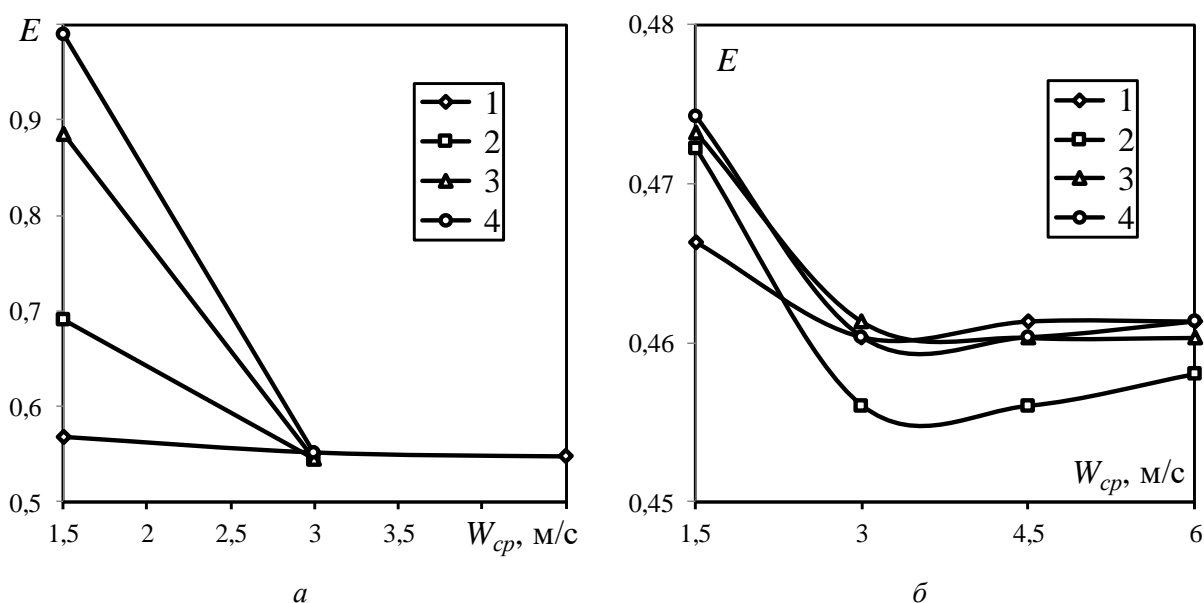


Рис. 3. Зависимость эффективности осаждения частиц от среднерасходной скорости воздуха при различных схемах размещения труб:

*a* – по вершинам равностороннего треугольника;

*б* – по вершинам квадратов; диаметры капель воды, мм: 1 – 0,5; 2 – 1; 3 – 2; 4 – 3

## Заключение

Проведенные численные исследования по моделированию движения капель воды и их осаждению на элементах оросителя в гибридной градирне с поперечным оребрением труб показывают, что использование схемы размещения труб по вершинам равностороннего треугольника положительно влияет на эффективность осаждения частиц, в отличие от схемы размещения труб по вершинам квадратов. Такая схема позволяет разместить большее количество труб, и, следовательно, иметь большую поверхность теплопередачи.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-79-01034, <https://rscf.ru/project/23-79-01034/>.

## Список использованных источников

1. Мадышев И.Н., Харьков В.В., Николаев А.Н. Интенсификация теплообменных процессов в испарительных градирнях : монография. – Казань: КНИТУ, 2022. – 92 с.
2. Мадышев, И.Н. Исследование термического сопротивления трубчатого радиатора гибридной системы охлаждения оборотной воды / И.Н. Мадышев, В.В. Харьков, В.Э. Зинуров // Инженерно-физический журнал. – 2023. – Т. 96. – № 3. – С. 630-638.
3. Мадышев, И.Н. Исследование уноса капель жидкости из слоя насадки в теплообменном аппарате / И.Н. Мадышев, А.О. Маясова // Сборник докладов Международной молодежной научной конференции «XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых)». – Казань: ИП Сагиева А.Р., 2021. – С. 268-271.
4. Маясова, А.О. К оценке тепловой эффективности градирни гибридного типа / А.О. Маясова, И.Н. Мадышев, В.В. Харьков // Тезисы докладов XIX Международного форума-конкурса студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования». – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2023. – С. 124-126.

## МЕТОДИКА РАСЧЁТА УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОЛНИИ НА ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

*Рубцов К.Д.<sup>1</sup>, Кронгауз Д.Э.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения (КрИЖТ ИрГУПС), e-mail: kirill.rubtsov.2001@mail.ru

<sup>2</sup> Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения (КрИЖТ ИрГУПС), доцент кафедры «Системы обеспечения движения поездов», e-mail: dkr88@mail.ru

### Введение

Молния является естественным и потенциально разрушительным явлением, которое способно оказывать значительное воздействие на инфраструктуру электропередач. Линии электропередач (ЛЭП) подвергаются постоянному риску повреждения вследствие прямых или косвенных ударов молнии, что может привести к сбоям в энергосистеме, потере электрической энергии и серьезным последствиям для потребителей.

В свете возросшей важности обеспечения надежной работы электропередач, разработка эффективных методик расчета уровня воздействия молнии на линии электропередач становится важной задачей для специалистов в области энергетики и защиты от электромагнитных помех. Такие методики необходимы для определения вероятности и интенсивности ударов молнии на линии электропередач и рассмотрения возможных последствий.

Научное исследование направлено на разработку нового подхода к расчету уровня воздействия молнии на линии электропередач, который учитывает особенности географического расположения линий, характеристики самой системы передачи электричества и технические особенности линий. Это позволит повысить эффективность прогнозирования рисков повреждения линий электропередач вследствие молнии и принять соответствующие меры для предотвращения возможных аварийных ситуаций.

Целью настоящей статьи является представление разработанной методики расчета уровня воздействия молнии на линии электропередач. Для достижения этой цели были проведены эксперименты исследования, собраны и анализированы данные о погодных условиях, географическом положении и технических характеристиках линий электропередач. На основе этих данных была разработана и внедрена новая методика, которая позволяет учитывать различные факторы, влияющие на воздействие молнии на линии электропередач.

В дальнейшем описывается структура статьи, включающая обзор литературы, описание разработанной методики расчета, результаты экспериментов и предлагаемые рекомендации по применению методики. Заключительные выводы указывают на перспективы дальнейших исследований и внедрения разработанной методики в практическую деятельность в области электропередач.

Эта научная статья представляет собой ценный вклад в область электротехники и защиты от молнии, предлагая новый подход к расчету уровня воздействия молнии на линии электропередач и возможность повышения надежности энергосистемы.

### Описание алгоритма

Молнии могут оказывать воздействие на линии электропередач в результате своей высокой энергии и электрического разряда. Способы, которыми молния может повлиять на линии электропередач:

1. Повреждение опор и проводов: Молния может попасть в опоры линии электропередач или в провода, что может вызвать их повреждение, разрыв или обрыв. Высокое напряжение, генерируемое молнией, может также вызывать перегорание изоляции проводов и повреждать другие элементы строительных конструкций.

2. Перенапряжение: Молниенный разряд может вызвать временное перенапряжение в системе электропередачи. Это может повлиять на оборудование, подключенное к линии, и вызвать неисправность или повреждение электрических приборов и систем.

3. Искры и пожары: Высокая энергия молнии может вызвать искры и пожары вокруг линий электропередач. Если молния попадает в деревья или другие растения рядом с линией, они могут загореться и вызвать пожары.



4. Перебои в энергоснабжении: Если молния повреждает линию электропередач или вызывает перебой в работе оборудования, это может привести к временным или длительным перебоям в энергоснабжении. Это может оказывать влияние на жилые дома, предприятия и общественные учреждения, вызывая простои и потери.

Для защиты линий электропередач от воздействия молний используются различные меры предосторожности, такие как установка молниезащитных устройств, заземление, защитные предохранители, изоляционные меры и регулярная инспекция и обслуживание системы электропередачи. Эти меры помогают снизить риск повреждения и обеспечить надлежащую работу линий электропередач при возникновении молнии.

Метод расчёта уровня воздействия молнии на воздушные линии электропередач с учётом всей их длины, основанный на расстоянии между разрядами молнии и координатами опор линии электропередач с использованием исторических данных о грозах за последние годы.

Сейчас человек не всегда представляет себе, насколько он зависит от электричества. Фонарики, мощные устройства бесперебойного питания, мобильные телефоны и другие гаджеты с высокой ёмкостью аккумулятора создают иллюзию автономности: пропадает электричество, но все приборы будут работать, пока не разрядится батарея.

На деле же даже самые кратковременные перерывы в электроснабжении могут привести к катастрофе. Все технологические процессы останавливаются на фабриках и заводах, экологичный и экономичный электрический транспорт перестанет работать, нарушится функционирование коммунальных сетей, пропадёт связь, отключатся системы жизнеобеспечения – и все это может случиться из-за того, что в линию электропередач попадёт молния.

Расчёт уровня воздействия молнии на линии электропередач обычно связан с определением ударной волны и электромагнитного поля, вызванных разрядом молнии. Существует несколько формул и алгоритмов для этого расчёта (приведём основные формулы, которые часто используются для расчёта):

1. Метод Rolling Sphere (Метод «раскатывающейся сферы»): этот метод используется для определения радиуса защиты линии электропередач от прямых ударов молнии. Расчёт будет осуществляться по формуле:

$$R = K \cdot H, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус защиты,  $K$  – коэффициент, зависящий от глубины заземления и длины линии,  $H$  – высота пролёта линии электропередач над землёй. Конкретные значения коэффициента  $K$  можно получить из соответствующих нормативных документов или рекомендаций.

2. Метод EFC классификация (Effective Front Capture): этот метод используется для определения вероятности попадания молнии в линию и потенциального тока молнии, который может течь по линии. Формулы для этого метода достаточно сложны и требуют применения статистических и электротехнических моделей. Данный метод осуществляется по следующему формуле:

$$P = \tau \cdot T, \quad (2)$$

где  $P$  – вероятность попадания молнии в линию,  $\tau$  – число объектов (металлические конструкции, провода и т. д.) на коридоре пролёта молнии,  $T$  – общее число объектов в указанной зоне.

$$I = k \cdot P \cdot I_0, \quad (3)$$

где  $I$  – потенциальный ток молнии на линии электропередач,  $k$  – коэффициент, зависящий от конструктивных характеристик линии и прокладки линии,  $P$  – вероятность попадания молнии в линию (рассчитывается по предыдущей формуле),  $I_0$  – исходное значение тока молнии, которое можно определить из данных о климатическом регионе.

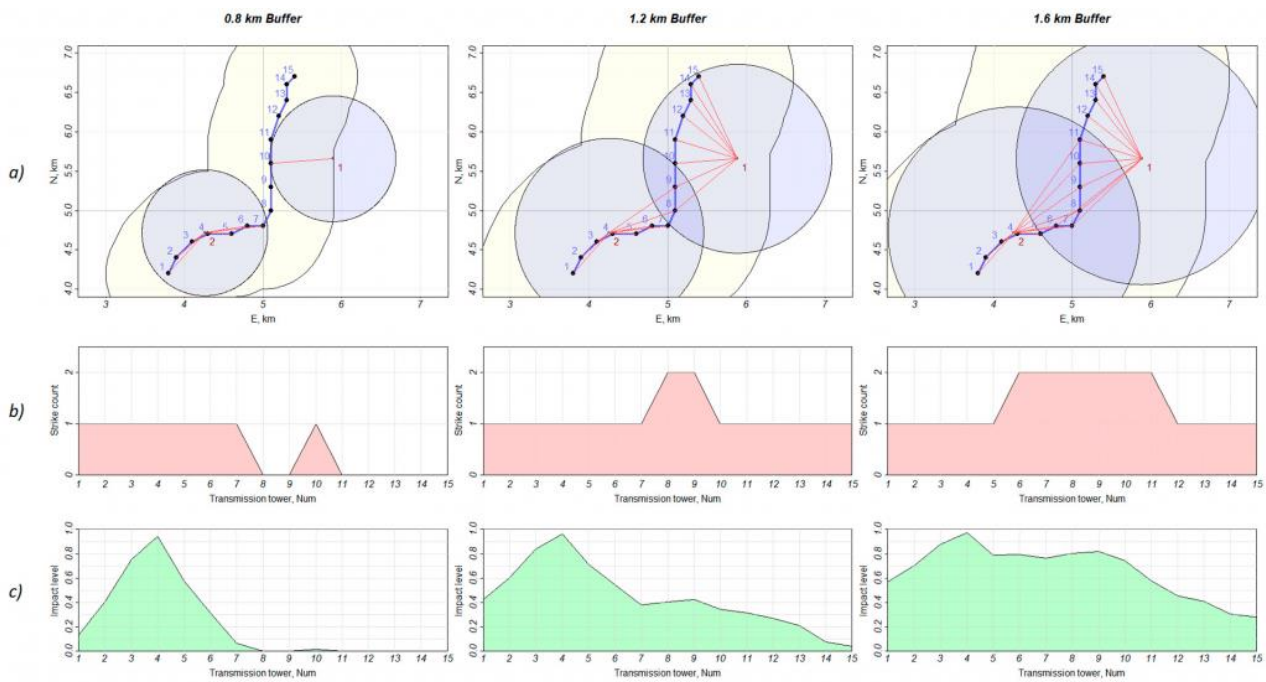


Рис. 1. Графики:

a) расположение линий электропередач и ударов молнии; б) общее количество ударов молнии, поражающих каждую опору; в) уровень воздействия на ЛЭП (согласно предлагаемой методике)

Сейчас в нашей стране оценка уровня воздействия молнии на линии электропередач регламентируется документами «Правила устройства электроустановок» [1], в котором представлены карты плотности молний, которые были построены более трёх десятков лет назад на основе визуальных наблюдений за грозами. При этом в мировой практике достаточно давно используются точные карты плотности молний и грозовых дней, полученные инструментальными методами.

Предложенный метод расчёта уровня воздействия молнии на линии электропередачи является важным аспектом проектирования и обеспечения надёжности электроэнергетических систем. Это включает в себя оценку вероятности поражения молнией, а также анализ последствий молниеносных разрядов для линий передачи электроэнергии. Процесс расчёта будет включать в себя несколько этапов:

1. Оценка вероятности поражения молнией: Этот этап включает в себя анализ климатических данных и определение вероятности молниеносных разрядов в конкретной местности. Это может включать в себя исторические данные о молниях, климатические модели и другие факторы.
2. Оценка параметров молнии: Для проведения расчетов необходимо знать параметры молнии, такие как ток, время воздействия и характеристики разряда. Эти параметры могут быть получены из литературных исследований и данных о молниях.
3. Моделирование распространения тока: Для оценки воздействия молнии на линию передачи электроэнергии необходимо провести моделирование распространения тока в системе. Это может включать в себя использование программных средств для расчета электромагнитных полей и тока, а также учет параметров линии передачи.
4. Оценка воздействия на линию: После моделирования распространения тока можно определить воздействие молнии на линию передачи электроэнергии. Это включает в себя оценку потенциальных повреждений, перенапряжений и других аспектов, которые могут повлиять на надежность системы.
5. Разработка мер по защите: На основе результатов расчетов и анализа воздействия молнии на линию передачи, разрабатываются меры по защите системы от молнии, такие как молниезащита и защитные устройства.

Главная цель методики расчёта – это обеспечить надёжную и безопасную работу электроэнергетических систем в условиях молниеносных разрядов.

При проведении расчётов уровня воздействия молнии на линию электропередачи необходимо учитывать разнообразные факторы: геометрия линии; материалы, используемые в проводах, а также

особенности окружающей среды. Также для обеспечения надёжной защиты линии от молнии рекомендуется применения средств защиты, таких как аппараты отвода молнии (приёмники молнии), заземления и различные типы изоляторов.

Таблица 1

*Характеристика грозозащиты ВЛ 110-750 кВ*

$U_n$	110	110	220	220	330	500	750
Материал опор	ж/бетон	металл	металл	металл	металл	металл	металл
Марка проводов	АС-120	АС-150	АСО-330	АСО-330	2АСО-400	3АСО-400	4АСУ-400
Кол-во и тип изоляторов на опоре	8ПС6-Б	8ПС6-Б	14ПС6-Б	14ПС6-Б	22ПС6-Б	28ПС12-А	2х41ПС12-А
Защитный угол троса $\alpha$ , град.	31,2	20,7	29,0	24,2	22,6	22,7	24,7

### Заключение

В данной научной статье была представлена методика расчета уровня воздействия молнии на линии электропередач, основанная на анализе электромагнитных полей, возникающих в результате молниеносной активности. Для разработки методики были использованы современные математические модели и численные методы, позволяющие достоверно определить уровень напряжений и токов, возникающих на линиях электропередачи при молниеносных разрядах.

Проведенные исследования позволили установить, что уровень воздействия молнии на линии электропередач значительно зависит от ряда факторов, таких как геометрические параметры линий, их расположение относительно молнии, характеристики молниеносной активности и множество других факторов. Было выявлено, что молниеносные разряды способны вызывать значительные напряжения и токи, которые могут негативно влиять на работоспособность и надежность систем электропередачи.

Разработанная методика расчета уровня воздействия молнии на линии электропередачи является надежным инструментом для оценки рисков возникновения повреждений и аварийных ситуаций в системах электропередачи, связанных с молниеносной активностью. Предложенный подход позволяет определить электромагнитные параметры, необходимые для применения эффективных защитных методов и стратегий, направленных на снижение воздействия молнии на линии электропередачи.

В дальнейшем планируется проведение экспериментального подтверждения результатов данной методики, а также ее дальнейшее усовершенствование для учета дополнительных факторов и параметров, которые могут влиять на воздействие молнии на линии электропередач. Предлагаемая методика сможет стать основой для разработки стандартов и нормативных документов, регулирующих защиту систем электропередачи от молнии и повышающих их безопасность и надежность.

Результаты данного исследования демонстрируют важность дальнейших исследований в области защиты от молнии в системах электропередачи. Надеемся, что представленная методика будет использована специалистами в области электроэнергетики, инженерами и конструкторами при проектировании, эксплуатации и обслуживании систем электропередачи с целью обеспечения их надежности и безопасности.

### Список использованных источников

1. Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ).
2. Подпоркин Г.В. Молниезащита воздушных линий электропередачи. СПб., ИД «Родная Ладога», 2015.
3. Плошкин, В.В. Безопасность жизнедеятельности. Часть 2: Учебное пособие для вузов / В.В. Плошкин. – М.: Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 404 с.
4. Руководство по защите электрических сетей 6 - 1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений. pdf<https://studfiles.net/preview/949737/page:10/> РД 153.34.3-35.125-99.
5. Привалов, Е.Е. Основы электробезопасности. В 3-х частях Часть 3: Защита от напряжения прикосновения и шага в электрических сетях: учебное пособие / Е.Е. Привалов. – М. – Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 180 с.
6. Халилов Ф.Х. Средства защиты от перенапряжений. Молниезащита и электромагнитная совместимость в электроэнергетике. Учебное пособие. Издание НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», Санкт-Петербург, 2012.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ GEANT4 СПЕКТРОВ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ И ДЕНСИТОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Котляревская А.С.<sup>1</sup>, Павлюк А.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> НИ ТПУ, ИЯТШ, группа 0АМ32, e-mail: ask157@tpu.ru

<sup>2</sup> НИ ТПУ, ИЯТШ, и.о. директора НИЦ ВЭ, e-mail: pavlyuk17@tpu.ru

## Введение

Одной из актуальных задач в области обеспечения контроля жидких радиоактивных отходов и технологических растворов, содержащих актиниды, является разработка методик и средств их измерения (СИ). В настоящий момент к перспективным методам анализа содержания актинидов в жидкостях относятся рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) и рентгеновская денситометрия (плотнометрия).

Математическое моделирование в данном случае выступает инструментом, значительно упрощающим проектирование новых СИ. Компьютерная модель разрабатываемого СИ позволит выявить и исключить возможные технические проблемы, связанные с выбором материалов, конструкции устройства, параметров эксплуатации и т. д.

Моделирование денситометрических и РФА-спектров может быть осуществлено имитационными методами [1]. В настоящей работе в качестве среды разработки выбран Geant4, поскольку его функциональные возможности позволяют проводить моделирование объектов исследования различной геометрии на основе метода Монте-Карло с использованием множества физических моделей для широкого диапазона энергий [2].

Целью настоящего исследования являлась разработка компьютерной модели гибридного устройства для измерения концентраций смеси актинидов в пробах радиоактивных отходов на основе специализированного программного продукта Geant4.

## Структура модели

Перспективность гибридного устройства связана с возможностью выполнять измерения концентраций смеси актинидов в широком диапазоне от десятых долей до сотен г/л с уровнем погрешности не более 10 % за счет одновременного выполнения пробы разными методами (РФА и денситометрии (рис. 1). Подобный подход был продемонстрирован при разработке установки комплексного определения элементов УОКЕР, созданной для применения в специальных камерах и боксах радиохимического производства в «промежуточных» растворах отработанных тепловыделяющих сборок [3]. Устройство реализует методы РФА, денситометрии и гамма-спектрометрии. В качестве источника ионизирующего излучения в установке используется <sup>241</sup>Am. Материал кюветы – полистирол.

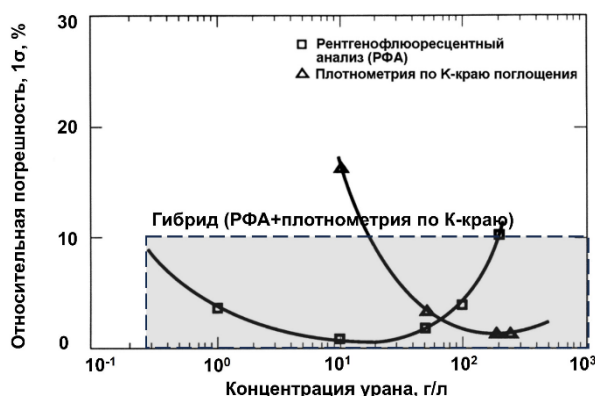


Рис. 1. Сравнение погрешности анализа растворов урана двумя методами [3]

В рамках настоящей работы предполагается усовершенствовать подход из работы [3] за счет использования в качестве источника ионизирующего излучения рентгеновской трубки, а также усовершенствовать конструкцию устройства и определить возможность применения других материалов кюветы. Для реализации данного подхода была разработана модель с несколькими

базовыми объёмами, представленными на рис. 2. Вся измерительная система помещена в стальной корпус, визуализация которого в модели отключена с целью получения информативных изображений.

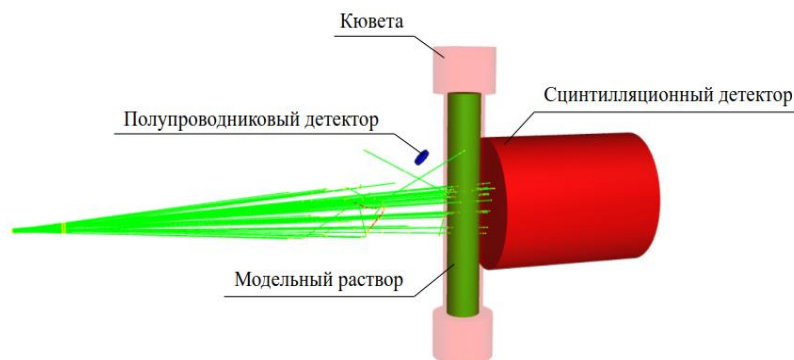


Рис. 2. Геометрия модели измерительного устройства

Зависимость интенсивности рентгеновского излучения  $I$  от энергии излучения  $E$  построена на основе формулы Крамерса:

$$I(E) = \frac{KZ}{(hc)^3} E^2 (E_0 - E), \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности;  
 $Z$  – зарядовое число материала мишени;  
 $h$  – постоянная Планка;  
 $c$  – скорость света;  
 $E_0$  – максимальная энергия излучения.

Спектр первичного излучения в модели задан в виде гистограммы «энергия – относительная интенсивность» через макрос. Создание макроса по исходным данным автоматизировано в программе Wolfram Mathematica. Также перед началом сеанса моделирования организован выбор состава модельного раствора из перечня и задание концентрации актинидов через терминал.

Основной модуль физической модели взаимодействий частиц представлен библиотекой G4EmPenelopePhysics, которая использует модель Penelope для расчёта электромагнитных взаимодействий электронов, позитронов и гамма-излучения с энергиями до 1 ГэВ [4].

Работа детекторов организована на основе встроенного класса G4UserSteppingAction. Методы данного класса на каждом шаге (отрезке траектории частицы) осуществляют проверку на принадлежность текущего положения частицы детектирующему объёму и затем сохраняют значение энерговыделения на текущем шаге. Конечная энергия частицы вычисляется путём суммирования всех значений энерговыделения частицы на траектории, принадлежащей объёму детектора.

Дополнительно в модель введена поправка на статистические флуктуации количества рождённых носителей заряда в чувствительном объёме детектора в соответствии с формулой [5]:

$$FWHM = 2,355\sigma \approx 2,355\sqrt{F\omega\omega}, \quad (2)$$

где  $FWHM$  – полная ширина на половине высоты пика;  
 $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение энергии частицы;  
 $F$  – фактор Фано;  
 $\omega$  – энергия, затрачиваемая на рождение носителя заряда;  
 $E$  – энергия частицы.

Для полупроводникового детектора  $F$  принят равным 0,128 [6], а  $\omega = 3,650$  эВ (энергия рождения электронно-позитронной пары для Si). Таким образом, для кремниевого полупроводникового детектора  $FWHM \approx 0,0509\sqrt{E}$  (кэВ).

Для сцинтилляционного детектора  $F$  принят равным 1 [5], а  $\omega$  вычислена по следующей формуле:

$$\omega = \frac{hc}{\lambda\eta\varepsilon}, \quad (3)$$

где  $\lambda$  – средняя длина волны фотонов, образуемых в сцинтиляторе (550 нм для CsI);  
 $\eta$  – световой выход сцинтилятора в долях (0,135 для CsI);

$\varepsilon$  – квантовый выход фотокатода ФЭУ (0,1).

Таким образом, исходя из формул 2 и 3, для сцинтилляционного детектора CsI(Tl)  $\omega = 167$  эВ, а  $FWHM \approx 0,962\sqrt{E}$  (кэВ).

Введение поправки реализовано путём перерасчёта энергии частицы в соответствии с распределением Гаусса с заданным  $\sigma$ . После перерасчёта осуществляется запись энергии в гистограмму Root. Подобный подход позволяет запускать симуляцию в режиме многопоточности, что значительно ускоряет процесс вычислений, но увеличивает нагрузку на оперативную память.

### Результаты моделирования

На начальном этапе проверка модели на адекватность осуществлялась по соответствию пиков, присутствующих на полученных спектрах, основным энергетическим переходам интересующих элементов (таблица 1) в рассматриваемом диапазоне (от 5 до 160 кэВ).

Таблица 1

Основные энергии рентгеновских переходов для U, Np, Pu и Am

Элемент	Энергия фотонов, кэВ			
	K-край	$K_{\alpha 1}$	$K_{\alpha 2}$	$L_{\alpha 1}$
U	115,6	98,4	94,7	13,6
Np	118,7	101,1	97,1	13,9
Pu	121,8	103,7	99,5	14,3
Am	125,0	106,5	102,0	14,6

На рис. 3 приведены предварительные результаты моделирования прохождения рентгеновского излучения ( $3 \cdot 10^7$  событий) через модельный раствор нитрата уранила с концентрацией U порядка 200 г/л для трёх материалов кювет: полистирола, нержавеющей стали и кварца. Концентрация урана подобрана таким образом, чтобы обеспечить высокую контрастность спектров при небольшой статистике.

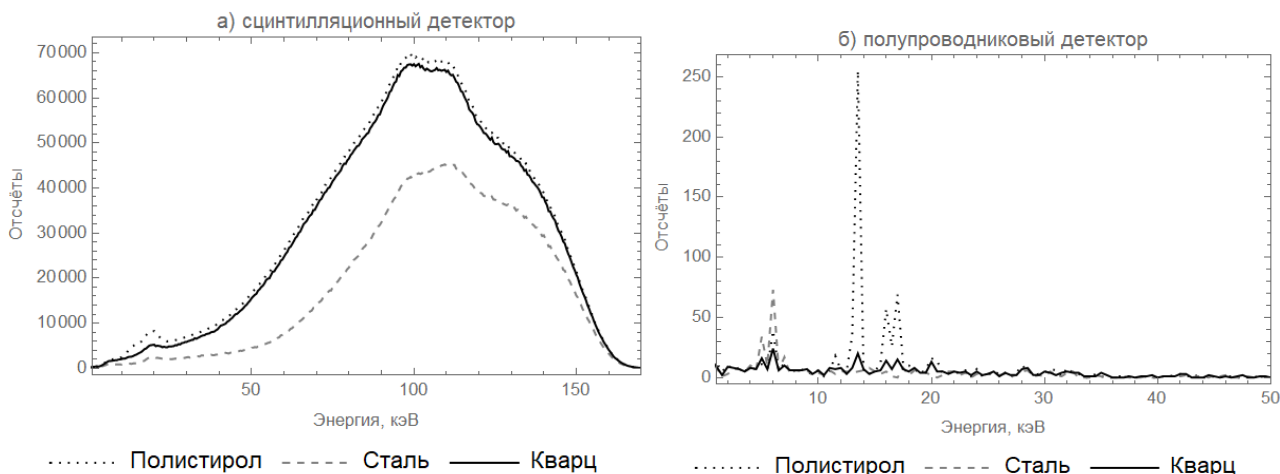


Рис. 3. Спектры для раствора нитрата уранила при различных материалах кювет: а) со сцинтилляционного детектора; б) с полупроводникового детектора

На рис. 3а различим спад интенсивности излучения с энергиями выше 115 кэВ, что соответствует K-краю поглощения U, а также прослеживаются пики, соответствующие линиям  $K_{\alpha 1}$  и  $K_{\alpha 2}$  U. При этом, в сравнении с кюветой из полипропилена, кюветы из кварца и нержавеющей стали демонстрируют меньшую пропускную способность первичного излучения на 4 % и 42 % соответственно.

На РФА-спектре (рис. 3б) линия  $L_{\alpha}$  U отчётливо различима только в случае пластиковой кюветы. В случае стальной кюветы преобладает линия  $K_{\alpha}$  Fe (6,4 кэВ), а при использовании кварца достоверно судить о наличии пиков нельзя в связи с малым количеством отсчётов.

Также проведено моделирование прохождения рентгеновского излучения через растворы, содержащие один основной элемент (U, Np, Pu или Am) в легкой матрице ( $\text{HNO}_3$ ), помещённые в кювету из полистирола (рис. 4). Спектры с полупроводникового детектора малоинформативны по причине незначительных различий в энергиях  $L_{\alpha}$  линий элементов, поэтому опущены.

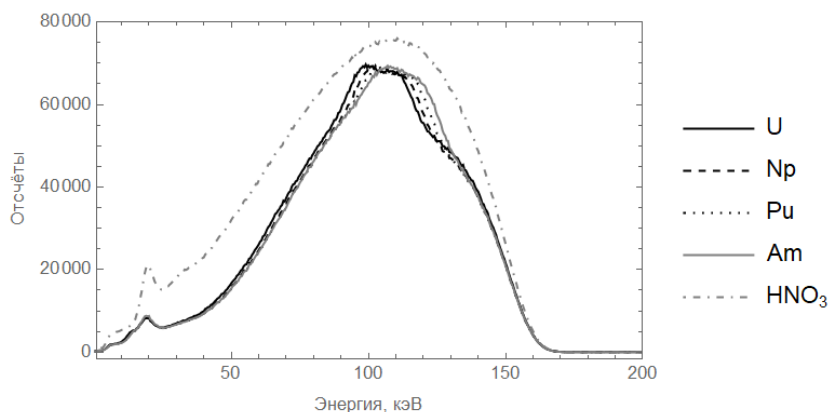


Рис. 4. Спектры со сцинтилляционного детектора для модельных растворов, содержащих один из элементов (U, Np, Pu или Am), в сравнении с пробой 1М  $\text{HNO}_3$

Ввиду того, что значения энергий  $K$ -края поглощения у U, Np, Pu и Am сравнительно близки, при сходной концентрации элементов в растворах (массовая доля каждого составляет 15 %) наблюдаемая спектральная картина практически идентична. Тем не менее, на данном этапе возможно различить сдвиг по энергиям линий  $K_{\alpha}$ .

## Заключение

Имеющаяся компьютерная модель гибридного СИ для осуществления РФА, денситометрии растворов актиноидов в жидких пробах на данном этапе разработки позволяет получать спектры рентгеновского излучения с двух детекторов и оценивать влияние материала измерительной кюветы на получаемые спектры.

Следует отметить, что полученные функции отклика детекторов пока являются «идеалистичными» т. к. в модели отсутствует учет влияния сцинтилляционных эффектов (плато комптоновского рассеяния, пик обратного рассеяния и т. п.) и электронные шумы, что будет устранено в ходе совершенствования модели. Также планируется введение в модель собственного излучения содержимого кюветы и верификация результатов на экспериментальных данных.

Работа выполнена в рамках программы Приоритет 2030 (проект № Приоритет-2030-НИИ/ЭБ-039-375-2023).

## Список использованных источников

1. Берлизов А.Н. и др. Моделирование спектров энергодисперсионных рентгенофлуоресцентных измерений актиноидов на основе метода Монте-Карло // Известия ТПУ. – 2012. – № 2. – С. 62-66.
2. Agostinelli S. и др. Geant4—a simulation toolkit // Nucl. Inst. and Methods in Phys. Res., A. – 2003. – Т. 506. № 3. – С. 250-303.
3. Белоусов М.П. и др. Установка комплексного определения параметров растворов ОТВС // АНРИ. – 2023. – № 2. – С. 50-66.
4. Guide for Physics Lists: Rev 7.0. – Текст: электронный // Geant4: официальный сайт. – 1999-2022. – URL: <https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/PhysicsListGuide/html/index.html> (дата обращения: 20.09.2023).
5. PANDA: Пассивный неразрушающий анализ ядерных материалов. Справочник / под ред. Д. Райлли, Н. Энслина, Х. Смита, С. Крайнер; перевод с английского ВНИИА. – 2007. – 720 с.
6. Kotov I.V., Neal H., O'Connor P. Pair creation energy and Fano factor of silicon measured at 185 K using  $^{55}\text{Fe}$  X-rays // Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A. – Т. 901. – 2018. – С. 126-132.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ПОДГАЗОВЫХ ЗОН С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ДОБЫЧИ

*Калистратов К.А.*

*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Институт геологии и нефтегазодобычи,  
группа МРМ-23-1, магистрант, e-mail: kirillkalistratov.kirill@yandex.ru*

### **Введение**

На начальных этапах проектирования разработки месторождения необходимо определиться со способом эксплуатации скважин для получения рентабельной и технико-экономически целесообразной разработки месторождения. Для скважин в нефтяных оторочках данный вопрос играет особо важную роль, так как для разработки подгазовых зон подходят способы добычи как чисто нефтяных, так и чисто газовых месторождений. Для решения данной задачи была разработана методика для выбора способов эксплуатации скважин.

### **Основная часть**

Коллективом [1] была разработана методика для подбора способа эксплуатации скважин в нефтяных оторочках. Одной из систем оценки, используемых в рамках данной методики, является оценка способов добычи с помощью гидродинамической модели. Во всех моделях оторочек скважины расположены посередине между газонефтяным и водонефтяным контактами. Одной из основных особенностей разработки подгазовых зон являются быстрые прорывы газа и воды. Прорывы газа накладывают наибольшие ограничения на дальнейшую разработку: выбор способа эксплуатации, наземная сеть сбора и подготовки углеводородов, утилизация газа и т.д. При анализе гидродинамических моделей рассматриваемого месторождения выявлено, что конусы газа подтягиваются достаточно быстро, из-за чего насосы начинают деградировать. Именно поэтому требуется более детальная оценка способов эксплуатации скважин для работы в условиях подгазовых зон. Таким образом, для оценки способов эксплуатации скважин были рассмотрены 6 различных вариантов разработки:

1. Фонтанная добыча.
2. Газлифтная добыча.
3. Добыча с помощью стандартного ЭЦН.
4. Добыча с помощью ЭЦН с допустимой долей газа на входе в насос 50 %.
5. Добыча с помощью стандартного ЭЦН с дальнейшим переходом на фонтанную добычу.
6. Добыча с помощью ЭЦН с допустимой долей газа на входе в насос 50 % с дальнейшим переходом на фонтанную добычу.

На данный момент рассматриваемое месторождение с нефтяной оторочкой компании «ЛУКОЙЛ-Коми» разрабатывается с помощью стандартного электроцентробежного насоса (ЭЦН) с допустимой долей газа на входе в установку 25 %.

Основным показателем оценки способов добычи при гидродинамическом моделировании является накопленная добыча нефти, которая участвует в дальнейшем также при экономической оценке способов эксплуатации. На всех моделях нефтяной оторочки минимальная накопленная добыча нефти наблюдается при использовании стандартного ЭЦН, так как из-за подтягивания массивных конусов газа происходит быстрый срыв подачи насосов [2]. Максимальная накопленная добыча нефти зачастую достигалась при использовании газлифтного способа добычи или вариантах изначальной добычи с помощью насоса и дальнейшим переходом на фонтанную добычу. На данный момент на месторождении отсутствует наземная инфраструктура, необходимая для газлифтной эксплуатации, но присутствуют компоновки ЭЦН. Поэтому для более детальной оценки в дальнейшем была проведена экономическая оценка применения различных способов добычи. Для экономической оценки были проанализированы капитальные затраты на смену способа добычи, эксплуатационные затраты на обслуживание скважин, а также стоимость нефти и налоги на ее добычу.

В итоге при оценке чистой приведенной стоимости (NPV) было выявлено, что NPV при газлифтной эксплуатации принимает отрицательные значения (-15,5 млрд рублей). Это обусловлено тем, что в данных условиях необходимо обустройство наземной инфраструктуры для газлифтной добычи. NPV при базовом варианте разработки месторождения (эксплуатация с помощью стандартного ЭЦН) принимает минимальные положительные значения (19 млрд рублей), так как насосы быстро деградируют и ввиду этого накопленная добыча нефти является минимальной. Наибольшие значения NPV



(38 млрд рублей) наблюдаются при 6 варианте разработки, когда изначально запланирована эксплуатация с помощью ЭЦН, способного работать при содержании газа на приеме насоса 50 %, с дальнейшим переходом на фонтанную добычу после деградации насоса. Таким образом, данный вариант является наиболее оптимальным с точки зрения накопленной добычи нефти и NPV.

### **Заключение**

Таким образом, в данной работе была описана технико-экономическая оценка разработки нефтяных оторочек с учетом различных способов эксплуатации и их комбинаций на примере месторождения с подгазовой зоной компании «ЛУКОЙЛ-Коми». По результатам гидродинамического моделирования и оценки экономического эффекта выявлено, что базовый вариант разработки месторождения не является оптимальным, а следует оборудовать скважины насосами, более устойчивыми к повышенному содержанию газа. Использование данных насосов позволит продлить работу скважин, а после срыва подачи насосов оптимальным является переход на фонтанную добычу. При данном варианте разработки будет получен прирост накопленной добычи нефти, а также сильно возрастет NPV.

### **Список использованных источников**

1. Калистратов К.А. Методика для подбора наиболее оптимального способа эксплуатации скважин в нефтяных оторочках / К.А. Калистратов, А.М. Новиков, В.С. Зубанков, Р.Т. Апасов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2022. – № 3. – С. 57–71.
2. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти [Текст] / Ю.А. Лукаш. – Москва, 2003. – 816 с.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ТОЧЕЧНОЙ КИНЕТИКИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON

*Качанов Д.Д.*

*ТПУ, ИШИТР, 8Т02, danil3@tpu.ru*

## Введение

Ядерный реактор является примером объекта с распределенными параметрами. В современном мире реактор всегда находится в нестационарном состоянии. Это или переходные процессы, либо различные колебания мощности и других различных параметров относительно начальных установленных значений. В данной работе рассматривается модель «точечного» реактора. Для упрощения будем рассматривать значения реактивности, сохраняющиеся во времени, то есть скачкообразные изменения [1]. В нулевой момент времени реактор будет находится в критическом состоянии, то есть  $\rho = 0$ , после чего происходит изменение реактивности, которое остается неизменным во времени. Для моделирования данной модели был использован язык программирования Python.

## Описание работы

Для рассмотрения и анализа кинетики реактора воспользуемся системой дифференциальных уравнений кинетики реактора, учитывая запаздывающие нейтроны.

Уравнения точечной кинетики представляют собой набор упрощенных уравнений, используемых для моделирования переходного процесса ядерного реактора. Эти уравнения описывают зависящие от времени изменения мощности реактора и популяции нейтронов в ответ на изменения реактивности. Уравнения точечной кинетики обычно выводятся на основе определенных допущений, таких как хорошо перемешанная активная зона реактора и постоянное время генерации нейтронов.

Обычно используют линеаризованную систему уравнений, но в данной работе мы будем работать именно с системой в исходном виде [2]. Основные уравнения показаны в формуле (1):

$$\begin{cases} \frac{dn(t)}{dt} = \frac{\rho(t) - \beta_3}{l} n(t) + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i(t), \\ \frac{dC_i(t)}{dt} = \frac{\beta_{3i}}{l} n(t) - \lambda_i C_i(t); \end{cases}$$

где  $n(t)$  – мощность реактора;

$\rho(t)$  – реактивность;

$\beta_3$  – эффективная доля запаздывающих нейтронов;

$l$  – время жизни мгновенных нейтронов;

$C_i(t)$  – концентрация ядер предшественников запаздывающих нейтронов  $i$ -й группы;

$\lambda_i$  – постоянная распада ядер предшественников  $i$ -й группы;

$\beta_{3i}$  – доля запаздывающих нейтронов  $i$ -й группы.

Анализируя нестационарные процессы обычно используют шесть групп запаздывающих нейтронов. В таблице 1 приведены относительные доли и постоянные распада ядер-эмиттеров при делении урана-235 тепловыми нейтронами [3].

Таблица 1

*Постоянные для 6 групп запаздывающих нейтронов*

Номер группы	Постоянная распада $\lambda_i$ , 1/с	Относительная доля, $\beta_3/\beta_{3i}$
1	0,0124	0,033
2	0,0305	0,219
3	0,111	0,196
4	0,301	0,395
5	1,14	0,115
6	3,01	0,042

Результаты работы модели реактора, полученные в результате моделирования на языке программирования Python представлены ниже. На рис. 1 отображается скачек реактивности с течением вре-

мени. Рис. 2 отображает мощность реактора с течением времени, при повышении реактивности, мощность начинает увеличиваться. На рис. 3 – значения концентраций ядер предшественников запаздывающих нейтронов для 6 групп.

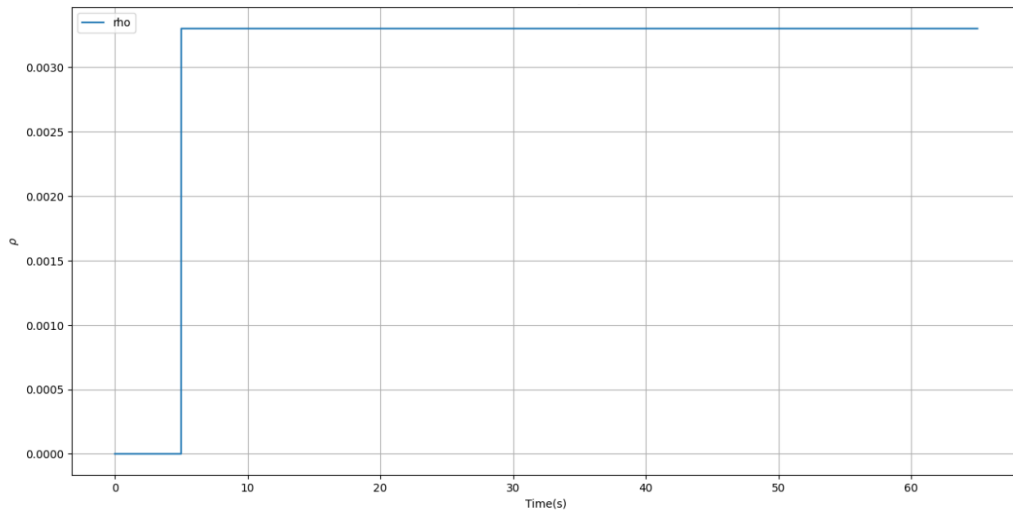


Рис. 1. График значения реактивности с течением времени

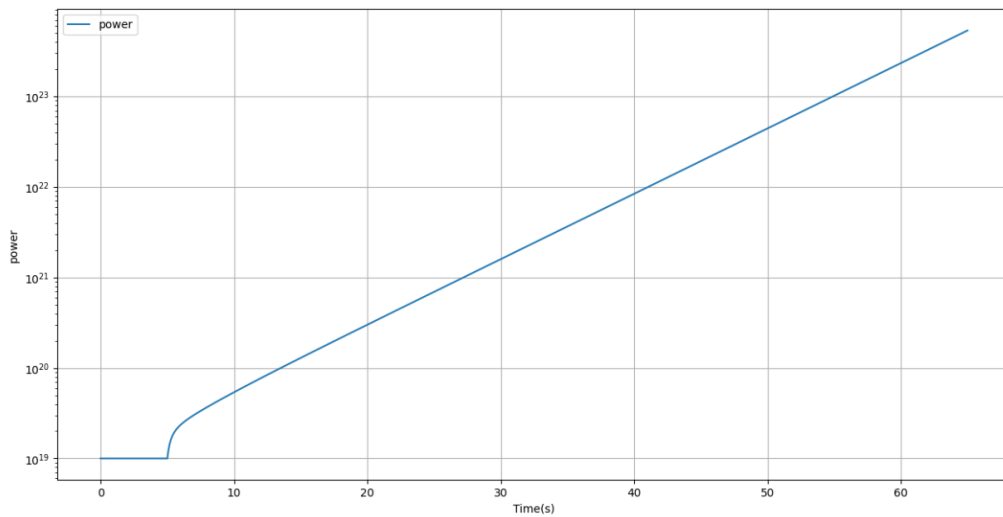


Рис. 2. График значения мощности реактора

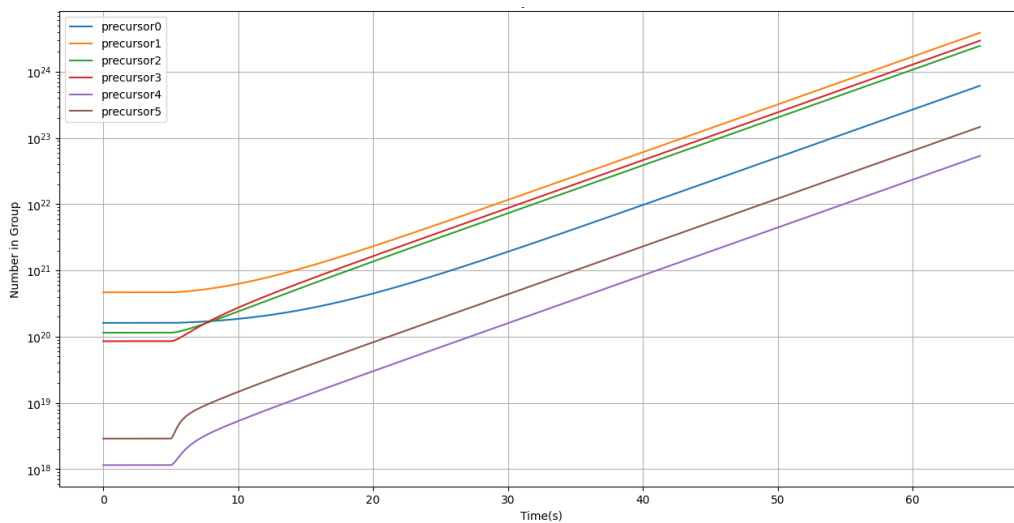


Рис. 3. График значений концентраций ядер нейтронов для 6 групп

## **Заключение**

В результате данной работы была получена модель “точечного” реактора, реализованная на языке Python. Модель основана на 7 дифференциальных уравнениях, включающих в себя константы для урана-235. Расчеты проводились при помощи метода интегрирования Эйлера. Интерфейс модели реализован при помощи библиотеки Tkinter.

## **Список использованных источников**

1. Климов, А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы: учебник / А.Н. Климов. – 3-е изд., стер. – Екатеринбург: АТП, 2015. – 350 с. – Текст: непосредственный.
2. Владимиров В.И. Физика ядерных реакторов: практические задачи по их эксплуатации / В.И. Владимиров. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: URSS, 2009. – 478 с.: ил. – Текст: непосредственный.
3. Демченко В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС / В.А. Демченко. – Одесса: Астропринт, 2001. – 395с.

# ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ УСТРОЙСТВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГРАФИТОВЫХ БЛОКОВ ДЛЯ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ УРАН-ГРАФИТОВЫХ РЕАКТОРОВ

Риф А.Э.<sup>1</sup>, Павлюк А.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> НИ ТПУ, ИШЭ, гр. АЗ-05, e-mail: aer12@tpu.ru

<sup>2</sup> НИ ТПУ, ИЯТШ, И.о. директора НИЦ ВЭ, e-mail: pavlyuk17@tpu.ru

## Введение

В настоящее время в Российской Федерации уже остановлены все промышленные уран-графитовые реакторы и некоторые блоки с энергетическими реакторами типа АМБ, АМ, ЭГП-6 и РБМК. В эксплуатации до сих пор находятся восемь энергоблоков РБМК и три ЭГП-6. Для всех энергетических и части промышленных уран-графитовых реакторов (далее – УГР) предполагается использовать вариант вывода из эксплуатации – «Демонтаж». Такой подход предполагает полное демонтирование конструкций реактора, в том числе и графитовой кладки [1].

В России и мире на данный момент разрабатываются различные устройства, позволяющие извлекать графитовые блоки из кладки реакторов. Однако в силу сложности процесса накоплен лишь небольшой практический опыт ликвидации УГР. Поэтому остается актуальным вопрос разработки эффективного устройства захвата и извлечения графитовых блоков.

В эпоху цифровизации необходимо использовать возможности цифрового моделирования для разработки таких устройств, в целях исключения образования продольных трещин и последующего разрушения графитовых блоков при извлечении их из УГР. Для этого необходима оценка механических воздействий на графитовые блоки, программный анализ напряжений, которые потенциально могут возникнуть при таких воздействиях, а также учет влияния времени эксплуатации на характеристики облученного графита в остановленных УГР.

Целью работы является разработка цифровых моделей существующих устройств захвата и извлечения графитовых блоков, а также анализ возникающих напряжений в графите блоков и элементах конструкции захватов.

## Разработка и анализ цифровых моделей

Первым прототипом для разработки цифровой модели стал цанговый захват. Простейшее устройство, состоящее из цанги. Его особенностью является механическое воздействие на внутреннее отверстие графитового блока по небольшим площадям, что значительно повышает риск разрушения блока.

На рис. 1 приведена конструкция цангового захвата (а), разработанная 3D-модель на его основе внутри графитового блока (б) и результаты анализа напряжений (в).

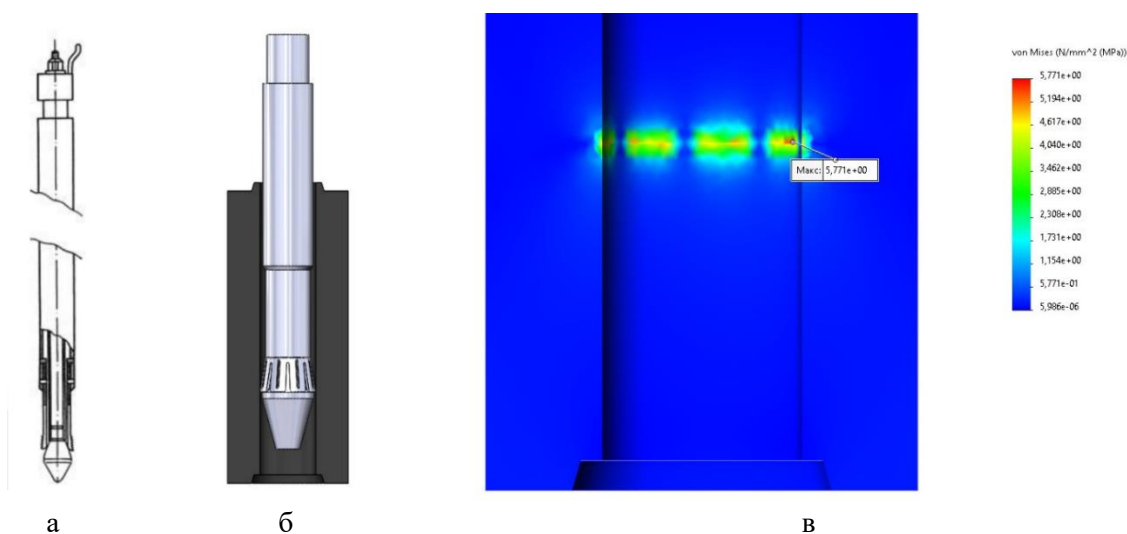


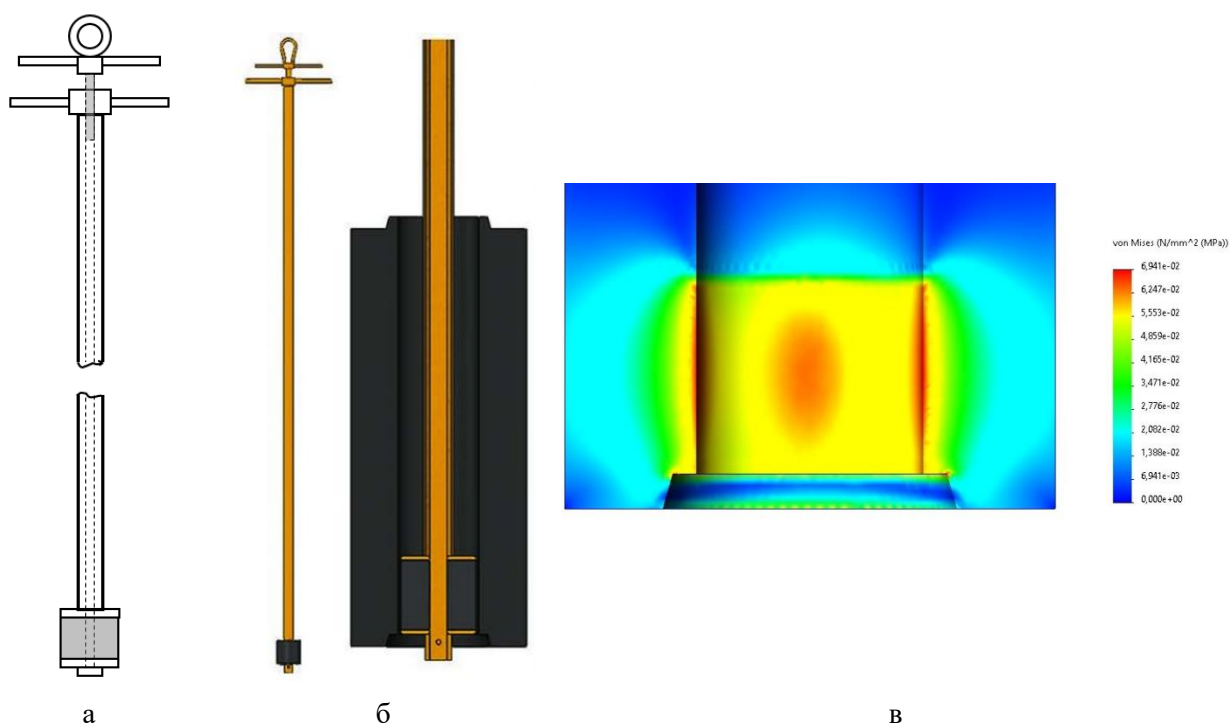
Рис. 1. Цанговый захват:  
а – конструкция цангового захвата;  
б – 3D-модель захвата внутри блока  
в – результаты анализа напряжений

Стоит отметить, что для формирования реальной картины процессов, происходящих внутри графитового блока, программные характеристики графита были заданы вручную и значительно отличались от стандартных свойств материала [2].

Максимальное напряжение под воздействием цанги изнутри на графитовый блок по площади соприкосновения составляет 5,8 МПа. Области максимальных напряжений присутствуют в каждом месте соприкосновения цанги с блоком. Предел прочности графита реакторов типа РБМК в направлении экструзии для них равен 7,6 МПа, по горизонтали – 6 МПа. В случае такого захвата напряжения распространяются в основном по горизонтали, при этом запас прочности оказывается незначительным. Таким образом, рассматриваемый вариант захвата не гарантирует целостность графитовых блоков при взаимодействии с устройством, что и было подтверждено в ходе проведения извлечения графита при ремонте кладки АМБ [3].

Следующим прототипом для разработки цифровой модели стал резиновый захват. Устройство состоит из захвата, содержащего расширяющуюся резиновую прокладку. Принцип действия устройства обеспечивает равномерное соприкосновение с внутренней поверхностью графитового блока.

На рис. 2 приведена конструкция резинового захвата (а), разработанная 3D-модель на его основе внутри графитового блока (б) и результаты анализа напряжений (в).



*Рис. 2. Резиновый захват:*

*а – конструкция резинового захвата;*

*б – 3D-модель захвата внутри блока*

*в – результаты анализа напряжений*

Максимальное напряжение под воздействием силы 1 кН резинового распорного наконечника на графитовый блок по площади соприкосновения составляет 0,07 МПа. Область максимальных напряжений крупная, сконцентрирована по всей площади распределения силы. Такой способ подходит для извлечения графитовых блоков РБМК по условию запаса прочности. Таким образом, рассматриваемый вариант захвата действительно гарантирует целостность графитовых блоков при взаимодействии с устройством. Однако необходимо дополнительное исследование влияния излучения на материал распорного наконечника для определения его срока эксплуатации.

Последним прототипом для разработки цифровой модели стал кулачковый захват [4]. Конструкция отличается от всех известных приспособлений тем, что подрыв и захват блока осуществляется посредством выдвигаемых кулачков за поверхность нижнего стыка блока без воздействия на внутреннюю поверхность отверстия. Такой вариант торцевого захвата позволяет исключить образование продольных трещин и разрушение графитового блока.

На рис. 2 приведена конструкция кулачкового захвата (а), разработанная 3D-модель на его основе внутри графитового блока (б) и результаты анализа напряжений (в).

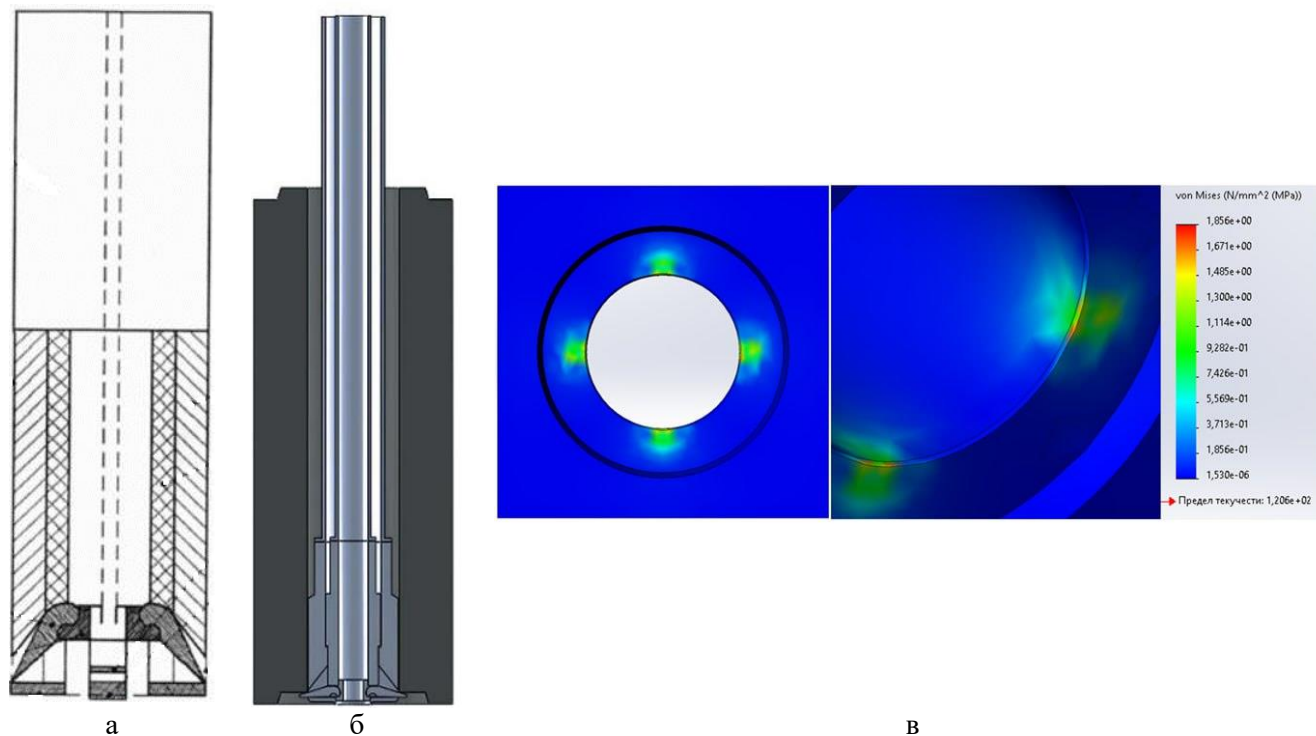


Рис. 3. Кулачковый захват:  
 а – конструкция кулачкового захвата,  
 б – 3D-модель захвата внутри блока,  
 в – результаты анализа напряжений

Область сосредоточения напряжений по результатам исследования минимальна, сконцентрирована только на площадках взаимодействия с кулачками устройства. Наибольшие напряжения составляют 1,9 МПа на кромке внутреннего отверстия графитового блока. Механическое воздействие оказывается только в направлении экструзии, что повышает запас прочности. Как уже было отмечено ранее, для графита РБМК такое напряжение не существенно и не вызывает растрескивания и разрушения блока. Таким образом, такой вариант захвата тоже гарантирует целостность графитовых блоков при взаимодействии с устройством.

В таблице 1 сведены результаты проведенного анализа напряжений для разработанных 3D-моделей, а также результаты оценки напряжений зарубежных аналогов устройств [1] для захвата и извлечения графитовых блоков.

Таблица 1

Результаты анализа напряжений

№ п/п	Тип захвата	Максимальное напряжение, МПа	Примечание
1	Цанговый	5,8	Низкий запас прочности, не гарантирует целостность блоков РБМК
2	Резиновый	0,07	Высокий запас прочности, гарантирует целостность блоков, однако необходимо учитывать возможный износ резиновой прокладки
3	Кулачковый	1,9	Высокий запас прочности, исключает возникновение напряжений в горизонтальном направлении
4	Ручной манипулятор для демонтажа реактора GLEEP	5,9	Низкий запас прочности, область максимальных напряжений сконцентрирована по всей длине окружности нижней части отверстия от сверла
5	Захват для демонтажа АЭС «Latina»	3,3	Использована крупная сетка для моделирования (возможны недостоверные результаты), значительная площадь концентрации напряжений

По сравнению с зарубежными аналогами рассматриваемые резиновый и кулачковый захваты имеют меньшую площадь контакта с графитовыми блоками, оказывают основное воздействие в направлении экструзии и имеют высокий запас прочности.

### **Заключение**

Проведенное 3D-моделирование доказало применимость двух рассмотренных устройств захвата из трех. Результаты и выводы, полученные при моделировании, аналогичны итогам проведенных опытных работ с прототипами устройств.

В перспективе моделирование позволит усовершенствовать конструкцию устройств, оценить влияние изменения свойств графита из-за облучения, проанализировать случаи извлечения деформированных блоков, а также разработать предложения к техническим характеристикам процесса извлечения (например, скорость поднятия и др.) для снижения риска разрушений блоков при их извлечении.

Результаты работы будут использованы научно-исследовательским центром по выводу из эксплуатации ТПУ в учебном процессе и в рамках выполнения НИОКР для промышленных партнеров.

### **Список использованных источников**

1. Павлюк А.О., Котляревский С.Г., Беспала Е.В., Риф А.Э., Кан Р.И. Зарубежный опыт и подходы к извлечению графита из уран-графитовых реакторов // Радиоактивные отходы. – 2023. – № 2 (23).
2. Виргильев Ю.С., Селезнев А.Н., Свиридов А.А., Калягин И.П. Реакторный графит: разработка, производство и свойства // Промышленные углеродные материалы. – 2006. – №1. – С. 4-12.
3. Павлюк А.О., Котляревский С. Г., Риф А. Э., Кан Р. И., Загуменнов В. С, Падерин Е. С., Шешин А.А., Зеленецкая Е. П. Обзор отечественного опыта и подходов по извлечению графита из уран-графитовых реакторов // Радиоактивные отходы. – 2023. – № 3 (24).
4. Патент РФ 2741765. Способ характеристики графитовых блоков ядерного реактора и устройство для его осуществления / Павлюк А.О., Кан Р.И., Котляревский С.Г., Михайлец А.М., Шевченко О.М., Шевченко А.О. Заявитель и патентообладатель Госкорпорация «Росатом» № 2020120170; заявл. 11.06.2020; опубл. 28.01.2021. Бюл. 4.



# СОЗДАНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА ИРТ-Т В ПАКЕТЕ PHITS

Киселев Д.А.

Томский политехнический университет, ИЯТШ, ОАМЗ1, dak86@tpu.ru

## Введение

Целью данной работы являлось создание расчетной модели активной зоны реактора ИРТ-Т, которая позволит оценить мощность дозы при облучении в экспериментальном устройстве, время выдержки облученных образцов и основные продукты ядерных реакций.

## Основная часть

Перед облучением различных материалов на реакторе ИРТ-Т необходимо определить время облучения и поглощенную дозу, которую получит материал за это время. Также важно учитывать мощность, на которой работает реактор. Для решения данной задачи была создана расчетная модель активной зоны реактора ИРТ-Т. На рис. 1 изображено сечение расчетной модели [1].

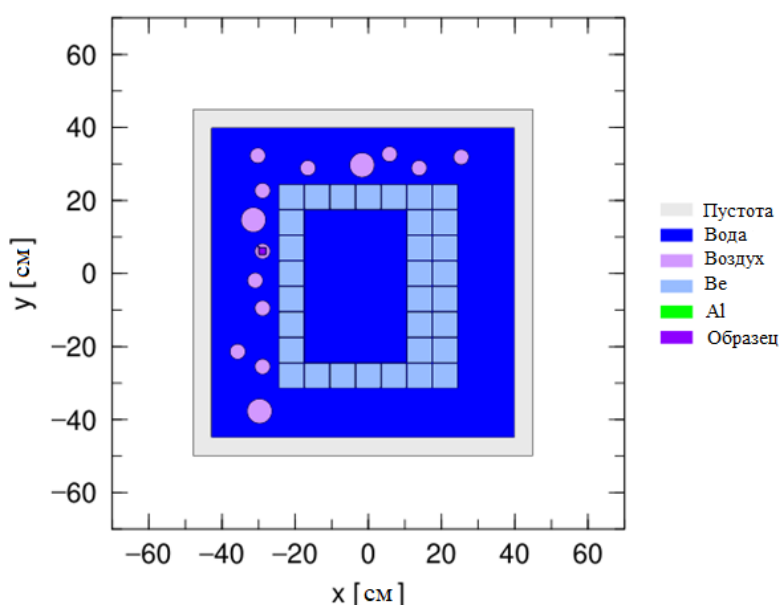


Рис. 1. Сечение расчетной модели реактора ИРТ-Т в программе PHITS

Источником нейтронов выбран делящийся  $^{235}\text{U}$  [2]. Оценка корректности источника проведена путем сравнения плотности потока нейтронов, смоделированного в пакете PHITS и взятого для реактора ИРТ-Т. Смоделированный нейтронный спектр совпадает с нейтронным спектром ИРТ-Т в пределах погрешности.

Мощность полученной дозы, в зависимости от мощности реактора и основные продукты ядерных реакций определялись для образцов из полистирола (HIPS), акрилонитрилбутадиенстирола (ABS) и полиэтилентерефталат-гликоля (PETG) [3, 4, 5]. Результаты расчетов мощности дозы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Рассчитанная мощность дозы

Полимер	Мощность реактора 1 МВт	Мощность реактора 3 МВт
	Мощность дозы, Гр/с	
HIPS	32,36	97,07
ABS	36,09	108,26
PETG	29,5	88,5

Основными продуктами ядерных реакций, определяющих изотопный состав наведенной активности данных материалов являются:  $^3\text{H}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{11}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ .

На рис. 2 и 3 представлена зависимость наведенной радиоактивности образцов от времени после облучения в реакторе на мощности 1 и 3 МВт.

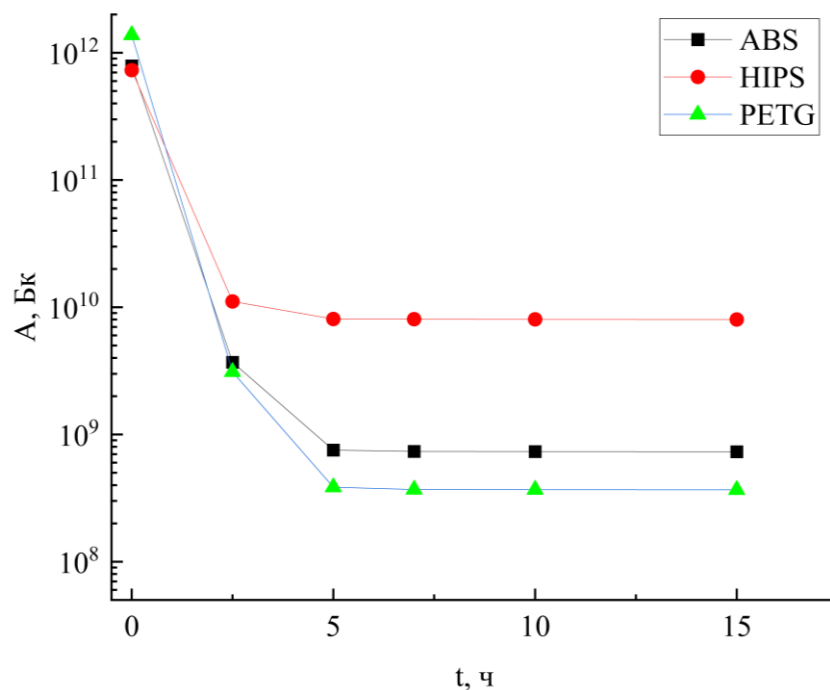


Рис. 2. Зависимость наведенной радиоактивности образцов от времени после облучения в реакторе на мощности 1 МВт

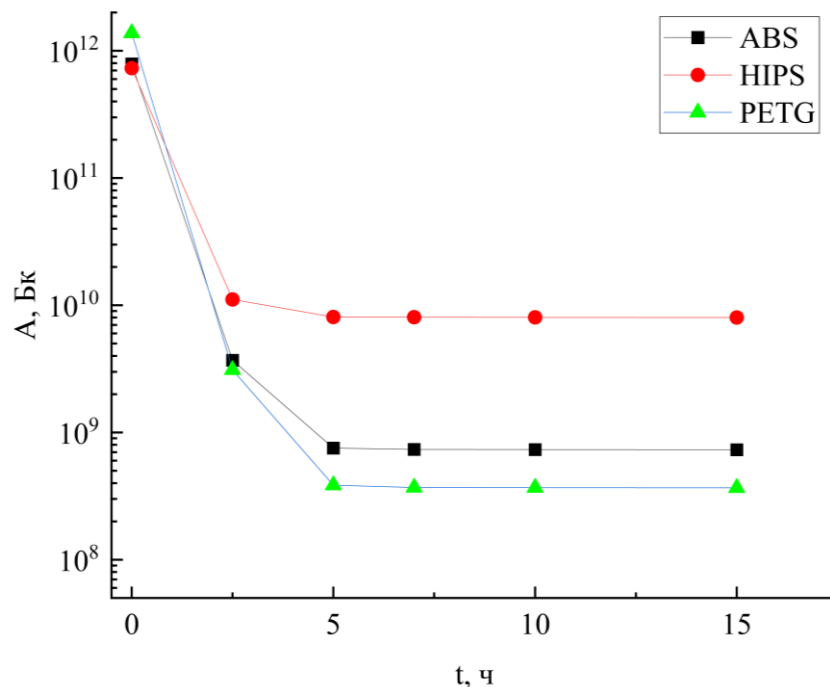


Рис. 3. Зависимость наведенной радиоактивности образцов от времени после облучения в реакторе на мощности 3 МВт

## **Заключение**

В результате проделанной работы создана расчетная модель активной зоны реактора ИРТ-Т в пакете PHITS. Данная модель позволила оценить дозовые нагрузки, на вещества в зависимости от мощности реактора, время выдержки образцов после облучения и основные продукты ядерных реакций на примере образцов из полистирола (HIPS), акрилонитрилбутадиенстирола (ABS) и полиэтилентерефталат-гликоля (PETG).

## **Список использованных источников**

1. Tatsuhiko Sato, Yosuke Iwamoto, Shintaro Hashimoto, Tatsuhiko Ogawa, Takuya Furuta, Shin-ichiro Abe, Takeshi Kai, Pi-En Tsai, Hunter N. Ratliff, Norihiro Matsuda, Hiroshi Iwase, Nobuhiro Shigyo, Lembit Sihver and Koji Niita Features of Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) version 3.02 // J. Nucl. Sci. Technol. – 2018. – Vol. 55, – P. 684– 690.
2. Водолазских В.В. и др. Способ изотопного восстановления регенерированного урана. – 2006.
3. Шаглаева Н.С. Синтез ударопрочного полистирола //Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2015. – №. 2 (13). – С. 11-15.
4. Ржевская Е.В. и др. Исследование механических свойств разных марок акрилонитрилбутадиенстирола // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. – 2018. – С. 55.
5. Сивова А.Н., Паня А., Душечкина Е.А. Производство пластика для 3D печати из вторичных ПЭТ, ABS и PLA // Студенческая научная весна. – 2021. – С. 27-28.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕАКТОРА РИТМ-200

Зарецкий А.А.

Томский политехнический университет, ИЯТШ, 0АМЭ1, aaz73@tpu.ru

## Введение

Целью данной работы является создание расчетной модели для научных исследований о возможности значительного увеличения длительности кампании ядерного топлива реактора РИТМ-200.

## Основная часть

Для создания модели и определения нейтронно-физических параметров реактора использовалась система многогрупповых уравнений диффузии нейтронов для критического реактора в стационарном виде [1, 2, 3].

На основе известных технических характеристик и эксплуатационных параметров реактора РИТМ-200 определены значения гомогенизированных концентраций для всех элементов, входящих в состав активной зоны, пересчитаны микроскопические сечения с учетом поправок на самоэкранировку и температуру нейтронного газа [4, 5, 6].

Решение производится для 26 групп. С увеличением порядкового номера группы энергия нейтронов убывает, таким образом, двадцать шестая группа характеризует нейтроны с тепловой энергией. В результате расчета определяется спектр плотности потока нейтронов.

На рис. 1 представлен спектр плотности потока нейтронов в абсолютных единицах для «холодного» и «горячего» состояния реактора.

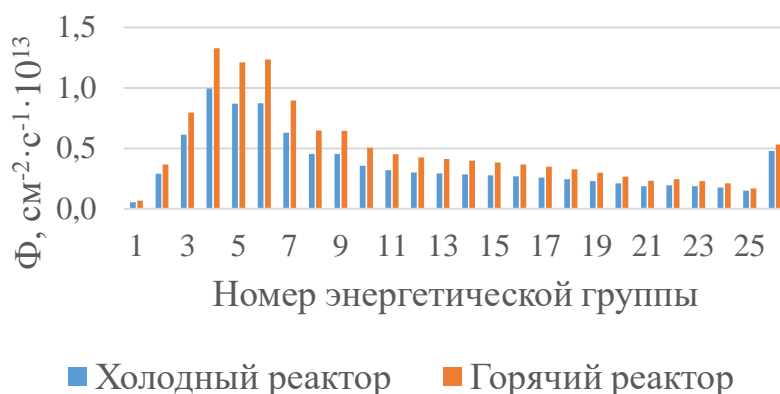


Рис. 1. Спектр плотности потока нейтронов в абсолютных единицах для «холодного» и «горячего» состояний реактора

Определены эффективные коэффициенты размножения нейтронов для «холодного» и «горячего» состояний реактора. Значения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения эффективных коэффициентов размножения и запасов реактивности

Параметр	«Холодный» реактор	«Горячий» реактор
$k_{эф}$	1,49	1,39
$\rho_{зап.}, \%$	32,9	28,2

Для определения состава ядерного топлива использовалась конечно-разностная система дифференциальных уравнений изменения концентраций нуклидов.

Решение системы дифференциальных уравнений производилось с шагом равным 50 суток. Для каждого шага определялись значения эффективного коэффициента размножения нейтронов и запаса реактивности, после чего осуществлялся подбор компенсации поглотителя.

На рис. 2 представлен график изменения запаса реактивности в течение времени.

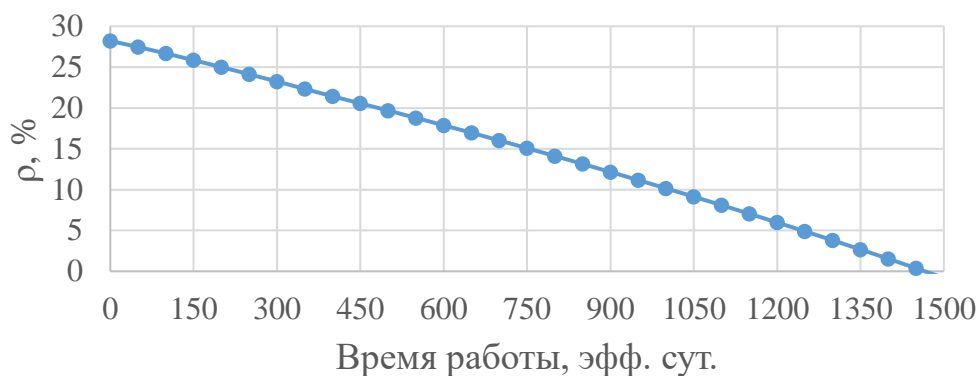


Рис. 2. Изменение запаса реактивности с течением времени

Таким образом, топливная кампания реактора составила приблизительно 1500 эффективных суток.

На рис. 3 представлено сравнение спектров плотности потока нейтронов в абсолютных единицах в начале и в конце кампании.

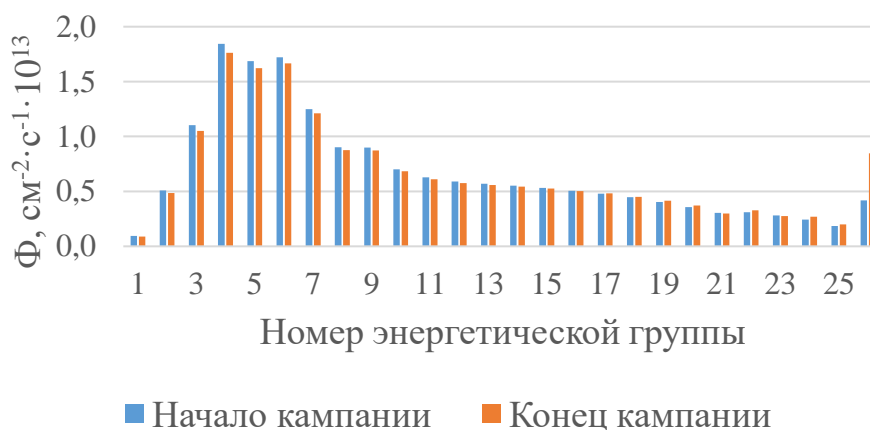


Рис. 3. Спектр плотности потока нейтронов на начало и конец кампании

### Заключение

В ходе выполнения работы создана расчетная модель для научных исследований о возможности увеличения длительности кампании ядерного топлива реактора РИТМ-200 и определены его основные нейтронно-физические параметры.

### Список использованных источников

1. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов: Учебное пособие для вузов. / Бартоломей Г.Г., Бать Г.А., Байбаков В.Д., Алтухов М.С.; Под ред. Бать Г.А. – М.: Энергоиздат, 1982. – 511 с.
2. Головацкий А.В., Нестеров В.Н., Шаманин И.В. Организация итерационного процесса при численном восстановлении спектра нейтронов в размножающей системе с графитовым замедлителем // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2010. – Т. 53, № 11. – С. 10– 14.
3. Групповые константы для расчета ядерных реакторов / Абагян Л.П., Базаянц Н.О., Бондаренко И.И., Николаев М.Н. – М.: Атомиздат, 1964. – 139 с.
4. Зверев Д.Л., Пахомов А.Н., Полуничев В.И., Вешняков К.Б., Кабин С.В. Реакторная установка нового поколения РИТМ-200 для перспективного атомного ледокола // Атомная энергия. – 2012. – Т. 113, №6. – С. 323 – 328.
5. Петрунин В.В., Фадеев Ю.П., Пахомов А.Н., Вешняков К.Б., Полуничев В.И., Шаманин И.Е. Обликовый проект АСММ с реакторной установкой РИТМ-200 // Атомная энергия. – 2018. – Т. 125, №6. – С. 323 – 327.
6. Активные зоны для атомных станций малой мощности / Захарычев А.А., Папотин В.Ю., Стадник Д.М., Шельдяков А.А., Коровушкин С.И. // В сб.: XI конференция по реакторному материаловедению – Димитровград: АО «ГНЦ НИИАР», 2019. – 312 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКЛИКА КРЕМНИЕВОГО ФОТОУМНОЖИТЕЛЯ EQR15 В СРЕДЕ ALLPIX

Флусова Д.С.<sup>1</sup>, Бикметов Н.Р.<sup>2</sup>, Гоголев А.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИЯТШ,  
гр. 0БМ21, e-mail: dsf7@tpu.ru

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИЯТШ,  
гр. 0БМ21, e-mail: nrb1@tpu.ru

<sup>3</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, НОЦ ПИ,  
и.о. руководителя, e-mail: gogolev@tpu.ru

### Введение

Целью нашей работы является разработка модели для оценки влияния температуры и параметров детектора на отклик кремниевого ФЭУ. Модель необходима для калибровки кремниевого ФЭУ и для оценки разрешения детектора и калибровки. Подобная модель будет полезна при проектировании гиперспектрального восьмиканального счетчика для дифрактометра высокого разрешения.

### Описание модели

Перед разработкой модели был произведен набор экспериментальных осциллограмм сигналов от кремниевого ФЭУ, находящегося в оптическом контакте с LaBr<sub>3</sub> сцинтилляционным детектором. Источником излучения был выбран <sup>130</sup>Ba. Кремниевый ФЭУ непрерывно нагревался и в течение эксперимента регистрировались осциллограммы для разных температур, пример осциллограммы на рис. 1. Ширина сигнала замерялась для каждой осциллограммы для оценки относительного уширения. Детектор включает в себя сцинтилляционный кристалл LaBr<sub>3</sub>, кремниевый ФЭУ EQR15 11-6060D-S. Моделирование световых выходов было осуществлено с помощью инструментария Geant4 [2].

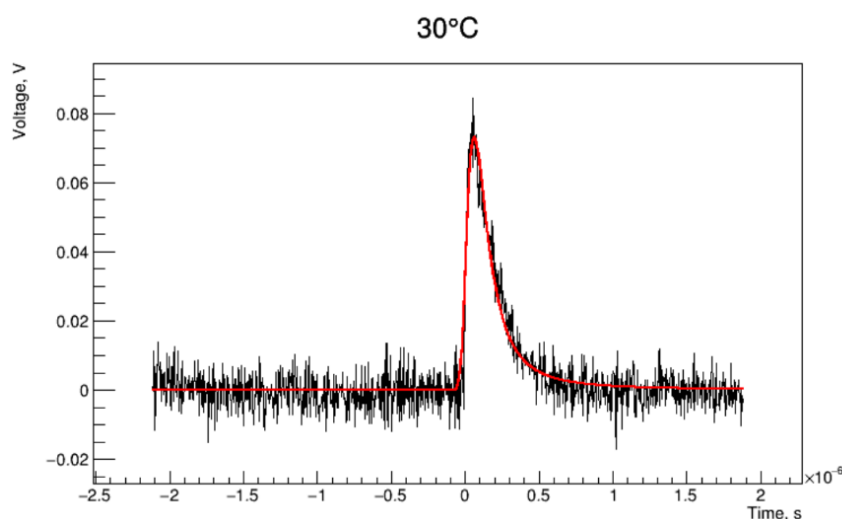


Рис. 1. Осциллограмма при температуре 30 градусов Цельсия

Моделирование отклика сигнала кремниевого ФЭУ EQR15 осуществлялось в фреймворке Allpix<sup>2</sup> [1]. Фреймворк позволяет моделировать энерговыделение, связанное с поглощением оптического фотона, а также перенос зарядов и оцифровку сигнала. Модель предоставляет большое количество выходных данных, включая карту попаданий фотонов и дальнейшее распределение носителей заряда, см. рис.2. Создание модели включало в себя задание геометрии детектора, спектра источника, материала детектора, а также поведение оцифровщика сигнала.

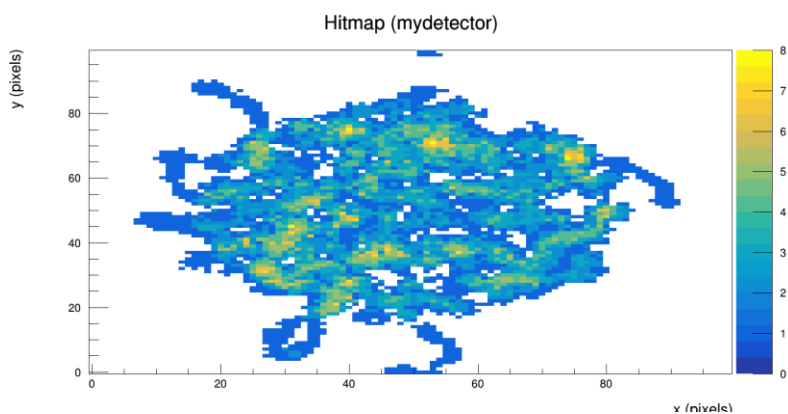


Рис. 2. Карта попаданий с учетом растекания заряда между пикселями

В результате анализа полученных осциллограмм, а также сигналов, вычисленных моделью, посчитаны относительные коэффициенты уширения сигнала. Результаты построены на едином графике см. рис. 3.

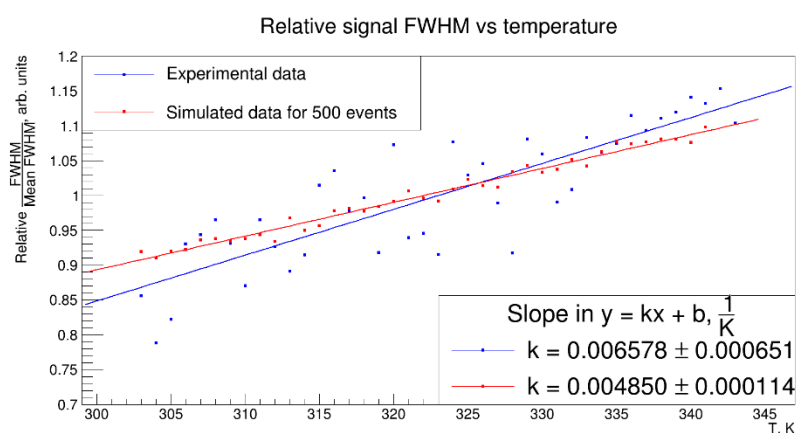


Рис. 3. Относительное уширение сигнала в зависимости температуры для экспериментальных данных (синий цвет) и модели (красный цвет)

## Заключение

В результате проделанной работы была разработана модель кремниевого ФЭУ EQR15. Установлена зависимость относительного уширения выходного сигнала от температуры сенсора. Модель учитывает энергетический спектр источника. Кроме того, учитываются эффекты умножения носителей заряда в полупроводнике. Результаты моделирования согласуются с экспериментальными данными. В дальнейшем планируется произвести набор экспериментальных данных с большей статистикой и с моноэнергетическим источником.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках программы «Наука» (Проект № FSWW-2023-0003).

## Список использованных источников

- Spannagel S. et al. Allpix2: A modular simulation framework for silicon detectors // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2018. – V. 901. – P. 164–172.
- Agostinelli S. et al. Geant4 – a simulation toolkit // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2003. – V. 506, No 3. – P. 250–303.
- Brun R., Rademakers F. ROOT – An object oriented data analysis framework // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 1997. – V. 389, No 1–2. – P. 81–86.

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ В ЗАЩИТНЫХ БОКСАХ

*Кривобородько В.А., Ливенцов С.Н., Ливенцова Н.В., Егорова О.В.*  
*ТПУ, ИЯТШ, АЗ-38, vak99@tpu.ru*  
*ТПУ, ИЯТШ ОЯТЦ, профессор, liventsov@tpu.ru*  
*ТПУ, ИЯТШ ОЯТЦ, доцент, liventsovanina@tpu.ru*  
*ТПУ, ИЯТШ ОЯТЦ, доцент, nagaizeva@tpu.ru*

### Введение

В настоящее время осуществляется стратегия цифровизации промышленности. Проект «Прорыв», реализуемый госкорпорацией Росатом, также связан с проводимой политикой цифровизации. В связи с этим ведется разработка цифрового двойника установки прессования линии изготовления таблеток, являющейся частью модуля фабрикации СНУП-топлива ОДЭК на площадке СХК. Применение технологии цифрового двойника позволит смоделировать возможные нештатные ситуации на этапе пуско-наладочных работ и эксплуатации оборудования, подобрать оптимальные значения технологических параметров и добиться большей эффективности производства. Ключевым элементом цифрового двойника является модель объекта-оригинала – установки прессования. Оборудование установки помещено в защитные боксы. В боксах поддерживается инертная атмосфера с требуемым значением давления, концентраций кислорода и водяного пара. От состояния атмосферы зависит качество таблеток, а также безопасность проводимых в них технологических операций. Ввиду этого при имитации объекта-оригинала, кроме работы пресса, требуется моделировать состояние атмосферы в боксах.

### Описание модели

Установка прессования включает бокс пресс-инструмента и соединенный с ним шлюзом перчаточный бокс загрузки/выгрузки лодочек. В боксах требуется поддерживать атмосферу азота с давлением разрежения не менее 200 Па и концентрациями кислорода и водяных паров не более 50 ppm. При разработке модели боксы рассматривались как единый бокс.

В результате анализа данного объекта были выявлены ключевые характеристики и параметры, которые необходимо учесть при создании его математической модели, что позволило в совокупности с целевым назначением цифрового двойника сформулировать требования к ней. Модель должна имитировать:

1. В динамическом режиме изменение переменных: давление внутри бокса; концентрации основных компонентов среды внутри бокса (азот, кислород и пары воды); температура среды в боксе; в зависимости от: расходов газа на входе и выходе бокса; начальных концентраций основных компонентов в среде бокса; изменения температуры окружающей среды.

2. Распределение расходов и потерь давления в сети трубопроводов, в зависимости от: степеней открытия запорной и регулирующей арматуры; давлений во входном и выходном общих коллекторах; давления внутри бокса.

3. Нештатные ситуации, связанные с разгерметизацией боксов и выходом из строя запорной и регулирующей арматуры.

4. Работу контуров регулирования расхода азота, давления и концентрации кислорода в боксе.

На основе анализа объекта моделирования и требований к модели была разработана ее информационная структура. Информационная структура модели представлена на рис. 1. При регулировании расхода газа и давления в боксе модель регулятора 1 осуществляет расчет необходимой степени открытия регулирующего клапана узла подачи инертного газа в бокс ( $u_1$ , %) по заданному закону регулирования в зависимости от вычисленного в модели ГС расхода газа на входе в бокс ( $Q^m$ , м<sup>3</sup>/с) и его заданного значения ( $Q_{\text{зад}}$ , м<sup>3</sup>/с). Модель регулятора 2 осуществляет расчет необходимой степени открытия регулирующего клапана узла отвода газа из бокса ( $u_2$ , %) по заданному закону регулирования в зависимости от вычисленного в модели бокса давления в боксе ( $P$ , Па) и его заданного значения ( $P_{\text{зад}}$ , Па). Параметрами моделей регуляторов 1 и 2 ( $Par^{\text{Per1}}$ ,  $Par^{\text{Per2}}$ ) являются параметры настройки законов регулирования. Состояния флагов  $flag^{\text{Per1}}$  и  $flag^{\text{Per2}}$  задают тип режима регулирования (ручной или автоматический) расхода азота и давления в боксе. В случае выбора ручного режима управления модели регуляторов 1 и 2 выдают степени открытия клапана, заданные значениями переменных  $u_1^r$ , % и  $u_2^r$ , % соответственно.



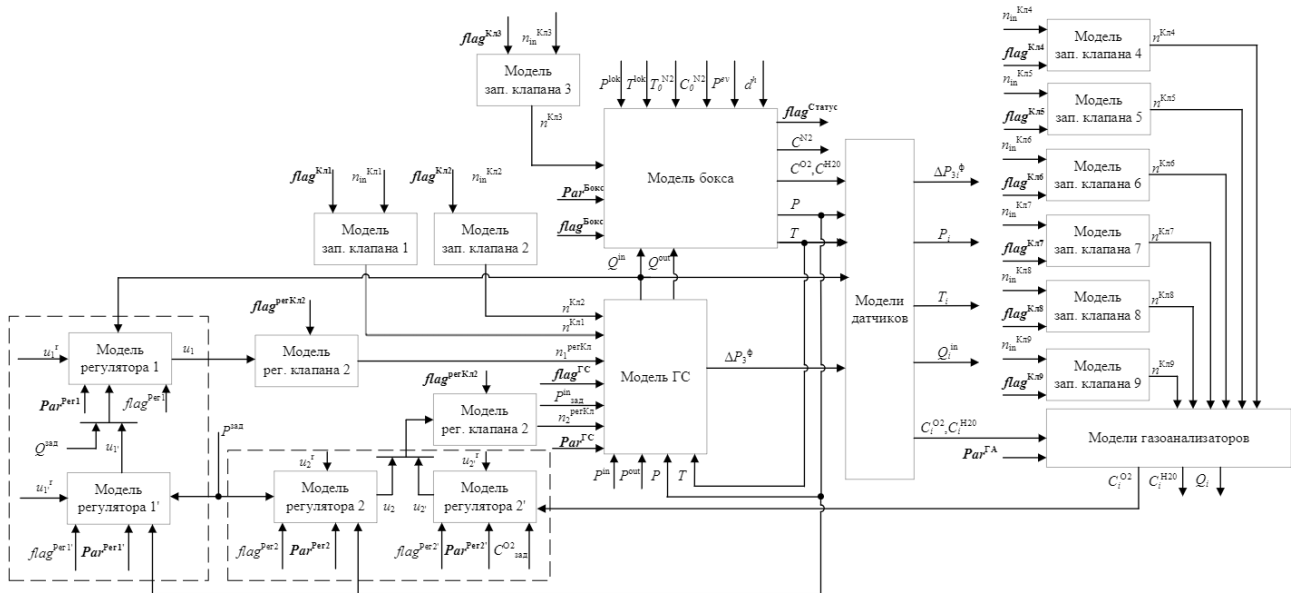


Рис. 1. Информационная структура модели состояния атмосферы в боксе при регулировании концентрации и давления в боксе:  
 модель ГС – модель гидравлической системы обеспечения газом защитного бокса

При регулировании концентрации и давления в боксе модель регулятора 1' осуществляет расчет необходимого расхода ( $u_1$ , м<sup>3</sup>/с), являющегося заданным значением расхода для модели регулятора 1, которая описана выше, по заданному закону регулирования в зависимости от вычисленного в модели бокса давления в боксе и его заданного значения. Модель регулятора 2' осуществляет расчет необходимой степени открытия регулирующего клапана узла отвода газа из бокса ( $u_2$ , %) по заданному закону регулирования в зависимости от вычисленной в модели газоанализатора концентрации кислорода ( $C^{O_2}$ , ppm) и его заданного значения ( $C^{O_2}_{зад}$ , ppm).

Модели запорных клапанов имитируют выдачу действительных степеней их открытия в зависимости от заданных значений степеней запорных клапанов 1, 2, 3 ( $n_{in}^{Kл1}$ , %,  $n_{in}^{Kл2}$ , %,  $n_{in}^{Kл3}$ , %) и состояний векторов флагов нештатных ситуаций  $flag^{Kл1}$ ,  $flag^{Kл2}$ ,  $flag^{Kл3}$  (аналогично для запорных клапанов 4–9).

Модели регулирующих клапанов 1 и 2 имитируют выдачу действительных степеней их открытия ( $n_{in}^{perKл1}$ , %,  $n_{in}^{perKл2}$ , %) в зависимости от степеней, рассчитанных моделями регуляторов 1 и 2 соответственно, и заданных состояний векторов флагов имитации нештатных ситуаций  $flag^{perKл1}$ ,  $flag^{perKл2}$ .

Модели датчиков имитируют выдачу измеренных значений объемного расхода азота в линии подачи инертного газа в бокс ( $Q^m$ , м<sup>3</sup>/с), концентраций кислорода ( $C_i^{O_2}$ , ppm) и паров воды ( $C_i^{H_2O}$ , ppm), давления ( $P$ , Па) и температуры среды ( $T$ , °C) в боксе.

Модели газоанализаторов имитируют выдачу измеренных датчиками значений объемного расхода инертного газа, концентраций кислорода и паров воды в линии подачи инертного газа в бокс, в боксе и расхода газа ( $Q_i$ , м<sup>3</sup>/с), при отборе пробы из бокса. Параметрами моделей газоанализаторов ( $Par^{GA}$ ) являются параметры побудителей расхода, наличие фильтров и их характеристики, наличие датчиков.

Приведенная информационная структура позволила разбить модель объекта-оригинала на совокупность подмоделей, что способствовало упрощению разработки математического описания. Математическое описание модели основано на уравнениях теплового и материального балансов, соотношениях для расчета потерь давления на местных гидравлических сопротивлениях трубопроводов, а также известных соотношениях, описывающих динамику регулирующей арматуры и работу систем автоматического управления.

Отсутствие на данный момент доступных значений контролируемых переменных с работающей установкой не позволяет провести численную проверку адекватности модели. Это обусловлено тем, что сама установка еще не была запущена в эксплуатацию, и, следовательно, нет данных для сравнения с моделью. Ввиду этого проводилась качественная проверка работоспособности модели. Для этого раз-

работана программа ее расчета и проведен ряд вычислительных экспериментов. В частности, осуществлена проверка корректности воспроизведения моделью изменения давлений, концентраций основных компонентов, температур среды и расходов защитной среды в боксах в штатном и нештатном режимах. Результаты показали, что характер поведения выходных переменных модели соответствует основным физическим закономерностям моделируемых процессов, при этом их значения входят в диапазоны, определенные в проекте установки.

### **Заключение**

В результате анализа боксов установки прессования определены необходимые для моделирования переменные, сформулированы требования к модели боксов, составлена ее информационная структура, разработано математическое описание и проведена качественная оценка её работоспособности. Оценка показала адекватное поведение модели, соответствующее основным физическим закономерностям протекания процессов в боксах.

Предлагаемые возможности модели могут быть использованы для выбора оптимальных значений расхода защитной среды и разрежения в боксах в рабочем и подготовительном режимах с целью обеспечения допустимого содержания кислорода и паров воды в среде боксов, синтеза систем автоматического управления параметрами атмосферы в боксах, обучения оперативного персонала диагностике причин возникновения нештатных ситуаций в работе боксов и трубопроводной арматуры в компьютерных тренажерах для обучения операторов технологических процессов.

В дальнейшем планируются проведение численной оценки адекватности модели и работы по интеграции модели в программное обеспечение цифрового двойника.

### **Список использованных источников**

1. Защитные боксы с инертной атмосферой для изготовления нитридного топлива. Текст: электронный // Научно-производственная фирма «Сосны»: сайт. – 2006–2023. – URL: <https://sosny.ru/radiaczionno-zashhitnyie-boksyi/zashhitnyie-boksyi-s-inertnoj-atmosferoj.html>.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ D-CRMP ДЛЯ СЛУЧАЯ С БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ СКВАЖИН

Лебедев В.И.<sup>1</sup>, Мусакаев Н.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», РНГа-21-1,  
e-mail: vilebedev.72@gmail.com

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», профессор кафедры РЭНГМ,  
e-mail: musakaevng@tyuiu.ru

## Введение

Модель емкости-сопротивления (CRM) является аналитической моделью, основанной на уравнении материального баланса. Подробный разбор существующих разновидностей модели приведен в [1]. Она используется для оперативной оценки взаимосвязанности добывающих скважин с нагнетательными. Данное свойство позволяет использовать ее в таких задачах, как оптимизация приемистостей скважин. В настоящей работе рассматривается модель D-CRMP, учитывающая остановки добывающих скважин [2].

Как указано в [3], для решения задачи нахождения параметров модели может использоваться два вида целевых функций: отдельная для каждого элемента, ограниченного радиусом влияния одной из нагнетательных скважин, либо единая для всех скважин. Ввиду того, что в  $C$  (1) модели D-CRMP используются не только коэффициенты взаимовлияния нагнетательных скважин со скважиной  $j$ , но и коэффициенты взаимовлияния этих нагнетательных скважин с остальными добывающими скважинами, входящими в их радиус влияния, применение целевых функций первого вида более затруднительно, чем в оригинальной CRM. Целевая функция второго вида менее стабильна из-за большого количества управляющих параметров.

Таким образом, возникает вопрос адекватности рассматриваемой разновидности модели CRM в случае большого количества скважин с учетом ее связи с моделью скважины, которая при расчете давления по стволу зависит от получаемых из нее дебитов.

## Описание модели

Применяемая в работе разновидность модели емкости-сопротивления записывается следующим образом:

$$\begin{aligned} q_j(t_k) &= \Gamma_j(t_k) \cdot \{A + B \cdot (C - D)\}, \\ A &= q_j(t_{k-1}) \cdot \exp\left(\frac{-\Delta t}{\tau_j}\right), \quad B = 1 - \exp\left(\frac{-\Delta t}{\tau_j}\right), \\ C &= \sum_{i=1}^{n_I} \frac{f_{ij}}{\sum_{j=1}^{n_P} \Gamma_j(t_k) \cdot f_{ij}} \cdot I_i(t_k), \quad D = J_j \cdot \tau_j \cdot \frac{P_{wf,j}^k - P_{wf,j}^{k-1}}{\Delta t}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $j$  – номер добывающей скважины;  $i$  – номер нагнетательной скважины;  $t_k$  и  $k$  – номер временного шага;  $\Delta t$  – временной шаг;  $q$  – дебит добывающей скважины;  $I$  – расход нагнетательной скважины;  $\Gamma$  – индикаторная функция;  $P_{wf}$  – забойное давление добывающей скважины;  $n_I$  – суммарное число нагнетательных скважин;  $n_P$  – суммарное число добывающих скважин;  $f_{ij}$  – коэффициент взаимовлияния скважин;  $\tau_j$  – константа времени;  $J_j$  – коэффициент продуктивности.

Модель скважины предполагает использование коэффициента трения Фаннинга для расчета потерь давления и корреляции Hagedorn & Brown [4]. Интегрированная модель спроектирована таким образом, чтобы являться вспомогательным инструментом при работе с программой tНавигатор.

В качестве синтетической модели выбран случай неоднородного по проницаемости пласта размером 9х9 км, вскрытого девятиточечной сеткой скважин, как показано на рис. 1. Результаты расчетов коэффициентов взаимовлияния скважин показаны на рис. 2. Большим коэффициентам проницаемости в пространстве пласта между добывающей и нагнетательной скважинами должны соответствовать большие коэффициенты взаимовлияния, что можно наблюдать на приведенных рисунках.

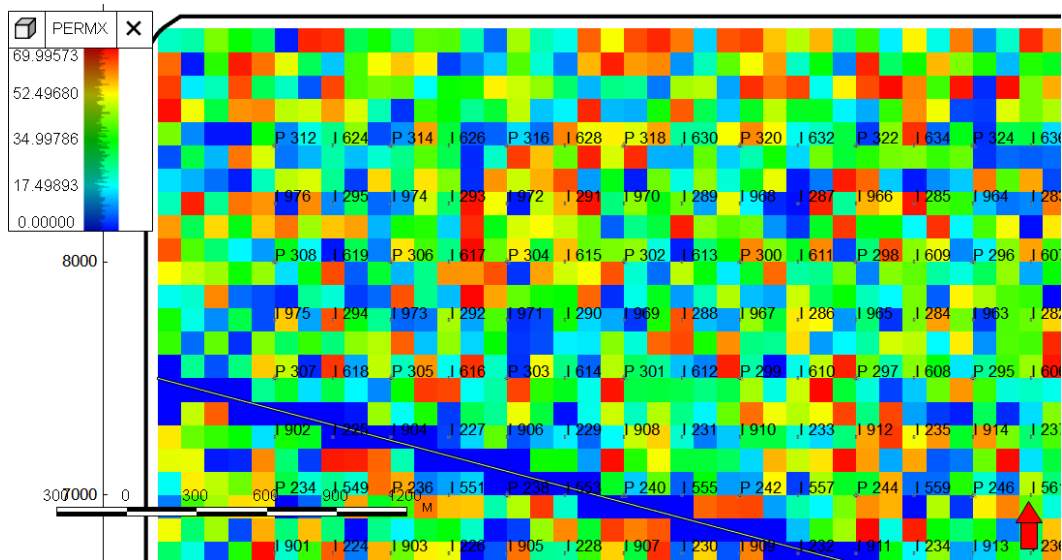


Рис. 1. Часть карты проницаемостей рассматриваемого пласта:  
*P* – добывающие скважины;  
*I* – нагнетательные скважины



Рис. 2. Часть карты коэффициентов взаимодействия скважин

Значение целевой функции [5] составило 0,15, где 0 соответствует более качественной модели, а 1 и более – менее качественной. На рис. 3 представлен дебит одной из добывающих скважин, рассчитанный по модели D-CRMP. Наибольшие ошибки соответствуют периодам запуска скважины, так как изменение дебита связано с изменением закачки в меньшей степени, чем в другие периоды.

На рис. 4-6 представлены распределения давления для одной из скважин на определенную дату. Погрешности, связанные с периодом сразу после запуска скважины, значительно искажают распределение давления.

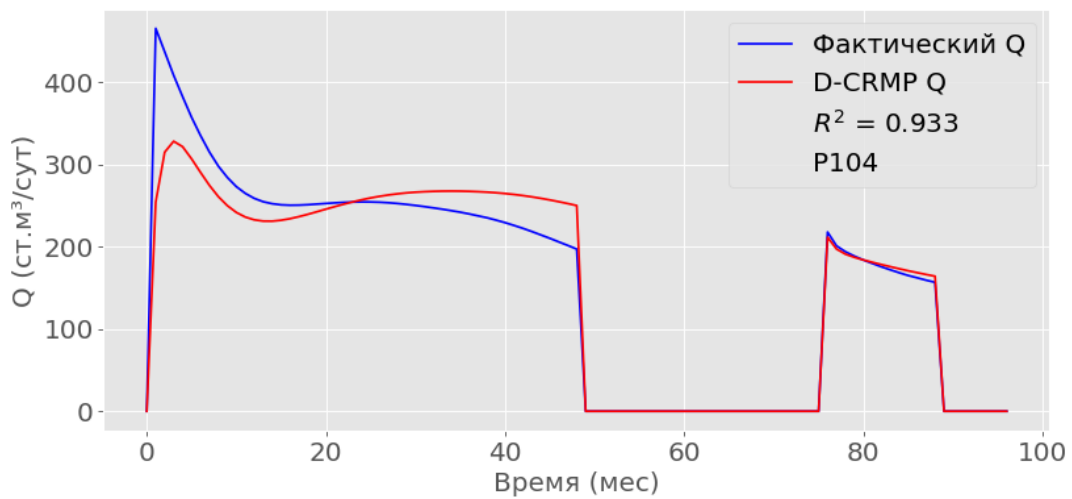


Рис. 3. График добычи жидкости скважиной P104

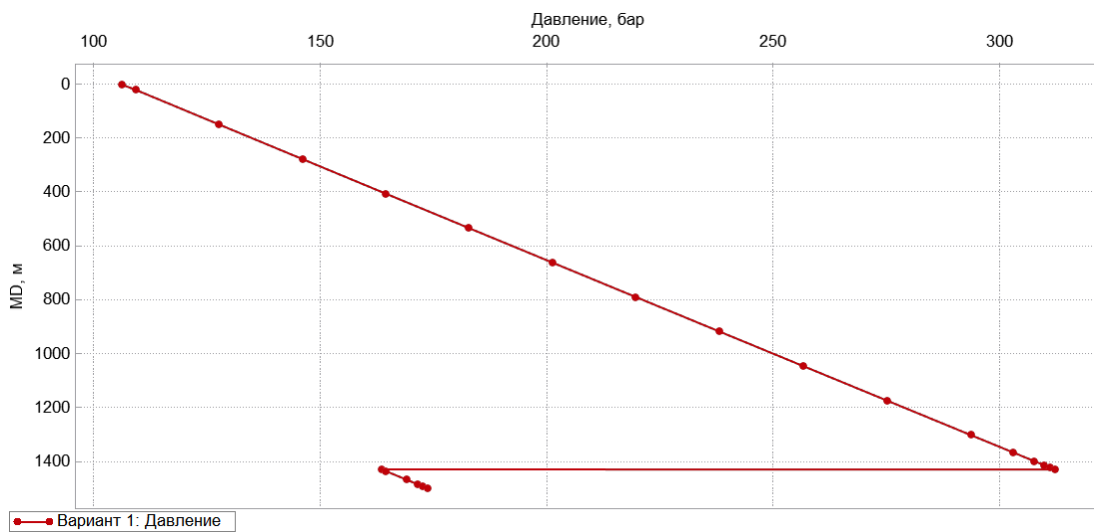


Рис. 4. Распределение давления в скважине P1, месяц 2 (mНавигатор)

Добывающая скважина P1. Месяц 2

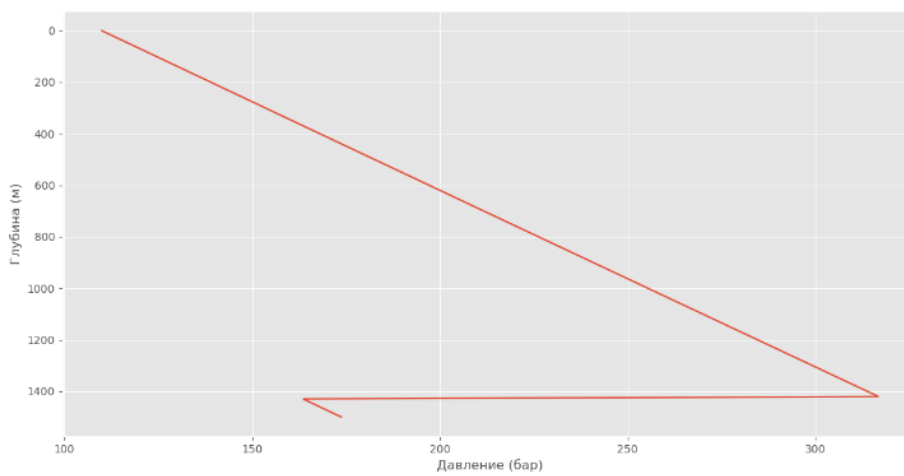


Рис. 5. Распределение давления в скважине P1, месяц 2 (интегрированная модель, фактический дебит)

### Добывающая скважина P1. Месяц 2

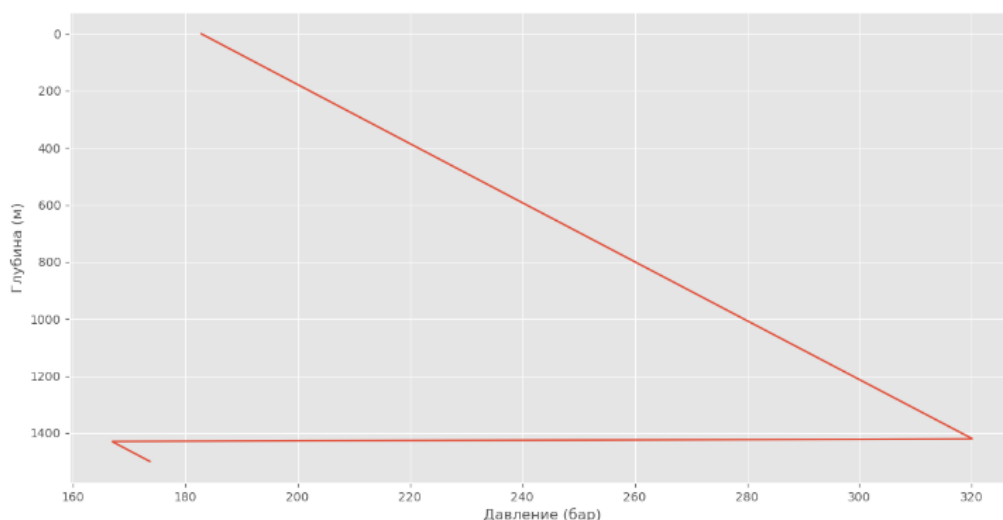


Рис. 6. Распределение давления в скважине P1, месяц 2 (интегрированная модель, дебит по модели D-CRMP)

### Заключение

В данной работе продемонстрировано проведение расчетов с помощью интегрированной модели на основе D-CRMP. По результатам расчетов можно сделать следующий вывод: увеличение точности D-CRMP может быть достигнуто за счет использования информации о запланированных дебитах непосредственно после запуска добывающей скважины в работу, либо введения дополнительного управляющего параметра, регулирующего дебит на этом временном шаге. При текущей точности модели D-CRMP в указанные периоды невозможно получить распределение давления по стволу скважины, близкое к фактическому.

### Список использованных источников

1. Lake L.A. State-of-the-Art Literature Review on Capacitance Resistance Models for Reservoir Characterization and Performance Forecasting / L.W. Lake, R.W. de Holanda, E. Gildin, J.L. Jensen, C.S. Kabir. – DOI: 10.3390/en11123368 / (Reference Date: 07.10.2022) // Energies. – 2018. – Vol. 11. – Electronic Text.
2. Salehian M. Reservoir Characterization Using Dynamic Capacitance-Resistance Model with Application to Shut-in and Horizontal Wells / M. Salehian, M. Çınar. – DOI: 10.1007/s13202-019-0655-4 // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – 2019. – Vol. 9. – P. 2811-2830.
3. Степанов С.В. Сопровождение разработки нефтяных месторождений с использованием моделей CRM : монография / С.В. Степанов, А.Д. Бекман, А.А. Ручкин, Т.А. Пospelova. – DOI: 10.54744/TNSC.2021.53.50.001. – Тюмень: ИПЦ «Экспресс», 2021. – 300 с.
4. tНавигатор 22.3. Руководство пользователя: дизайнер скважин. – М.: Рок Флоу. Динамикс, 2022. – 274 с.
5. Мусакаев Н.Г. Решение обратной задачи в рамках модели D-CRMP с учетом прогнозных свойств / Н.Г. Мусакаев, С.П. Родионов, В.И. Лебедев, Э.Н. Мусакаев. – DOI: 10.31660/0445-0108-2023-2-62-82 // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2023. – № 2. – С. 62–82.

# ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ИНДУСТРИИ

Еременко М.С.<sup>1</sup>, Элешкевич А.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО «ТомскНИПИнефть», инженер 2-ой категории, e-mail: [eremenkoMS@tomsknipi.ru](mailto:eremenkoMS@tomsknipi.ru)

<sup>2</sup>АО «ТомскНИПИнефть», инженер 2-ой категории, e-mail: [elshkevichAD@tomsknipi.ru](mailto:elshkevichAD@tomsknipi.ru)

## Введение

Одним из способов контроля и слежения за состоянием окружающей среды можно считать использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Их применение открывает возможности для систематического мониторинга и быстрого реагирования на антропогенные воздействия. Автоматическая идентификация зон с признаками вмешательства человека на основе данных удаленной съемки в сочетании с географическими информационными системами позволяет сформировать эффективное средство для контроля и противодействия антропогенным угрозам экологии.

Идентификация по данным ДЗЗ является сложной и требующей значительных ресурсов задачей. Необходимо принимать во внимание различные факторы, как сезонные перемены, виды растительности, изменение облачного покрова и освещения. Также важными являются точность и скорость обработки больших объемов данных.

В АО «ТомскНИПИнефть» сотрудниками управления экологии и отдела геоинформационных технологий совместно была поставлена задача по автоматизации процесса распознавания вырубок, как одного из факторов антропогенного воздействия на основании космическим снимкам, для существенного снижения трудозатрат на по данному процессу.

## Описание алгоритма

Использование БПЛА для задачи распознавания вырубок имеет свои преимущества, такие как высокое разрешение и возможность проведения детального анализа, но существует недостаток высокой стоимости эксплуатации и наличия различных ограничений, связанных с законодательством и безопасностью. Космические снимки, с их широким площадным покрытием и доступностью, по-прежнему остаются основным инструментом для мониторинга и контроля вырубок, предоставляя глобальный обзор и анализ изменений в лесных массивах.

В рамках статьи рассматривается использование космических снимков для распознавания вырубок в силу большей практической применимости. Такое решение обуславливается вышеописанными преимуществами и недостатками различных данных ДЗЗ.

Ключевым моментом для распознавания вырубок является качество непосредственно исходных данных, на основе которых будет происходить обучение и валидация модели. Для исследовательских целей в обучении модели обычно используются данные из открытых источников, однако в решении производственных задач лучше было использовать ранее закупленные и предварительно распознанные до этого вручную космические снимки. Спутниковые снимки имели разрешение до 2-х метров с 4-мя каналами и 16-битной цветовой гаммой. Данные космические снимки были предварительно подготовлены для обучения модели: размечены с учетом сезонности, растительности и других факторов. Примеры исходных данных и их маски можно увидеть на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Площадные объекты и их маски, как вырубки



Рис. 2. Транспортная инфраструктура и соответствующая маска

Стоит отметить, что показанные вырубki в виде транспортной инфраструктуры и площадных объектов выбраны не случайно, именно они составляют основную часть имеющегося датасета. ВУ обучающей выборке площадь составила 22.89 км<sup>2</sup> из них вырубki составили 2.94 км<sup>2</sup>.

Задача распознавания вырубok по космическим снимкам в нашей постановке относится к классу задач семантической сегментации, когда каждому пикселю входного изображения должен быть подобран свой класс. В данном случае речь о бинарной классификации.

В рамках исследуемой задачи нами было принято решения использовать базовую структуру нейронной сети с многослойным перцептроном. Решение поставленной задачи было начато с рассмотрения его возможностей. Несмотря на то, что перцептрон не способен учесть сложные взаимосвязи между данными, такие как геометрическое расположение пикселей относительно друг друга, у него есть некоторые преимущества, обусловленные простой структурой и небольшим числом параметров:

1. Перцептрон обладает высокой скоростью обучения.
2. Перцептрон обладает возможностью интерпретации влияния параметров на конечный результат.
3. Перцептрон требует меньше вычислительных ресурсов для обучения и сохранения модели.
4. Перцептрон справляется с задачами, где данные содержат простую структуру.

Для передачи данных для обучения в перцептрон применялся подход на основе конвертации многомерного массива данных космического снимка в двухмерный массив, чтобы значения каналов одного пикселя содержались в одной строке, а сами номера строк представляли собой номера исходных пикселей (рис. 3).

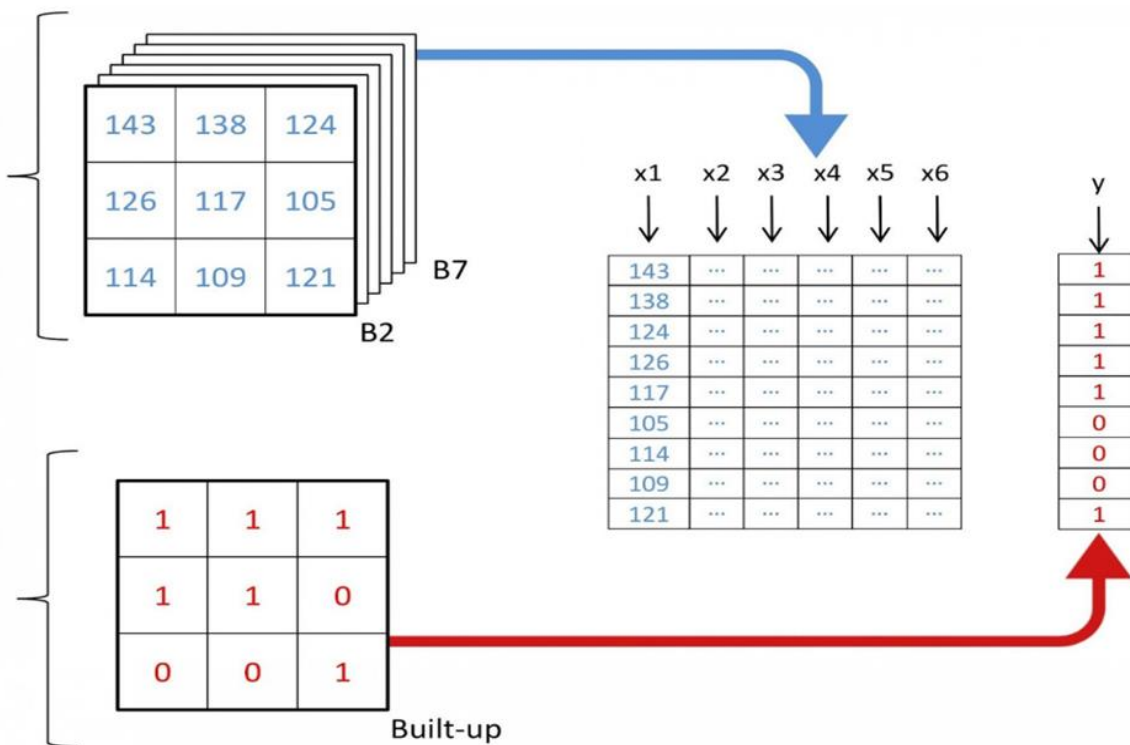


Рис. 3. Принцип конвертации массивов данных



Для обучения представленных данных была построена полносвязная нейронная сеть с двумя скрытыми слоями 32 и 64 нейрона в каждом. Входным слоем служило число нейронов, соответствующее числу каналов входного изображения, в нашем случае 4. Выходной слой представлял собой два нейрона для бинарной классификации (рис. 4.). Функция активации для скрытых слоев была выбрана ReLu, а для выходного слоя Softmax [1]. В качестве метода оптимизации был выбран алгоритм Adam [2], в качестве функции потерь была принята кроссэнтропийная разница между маской и прогнозами модели, а в качестве метрики при обучении использовалась точность. Обучение прекращалось, если точность модели при прохождении эпохи не увеличилась больше, чем 0,001.

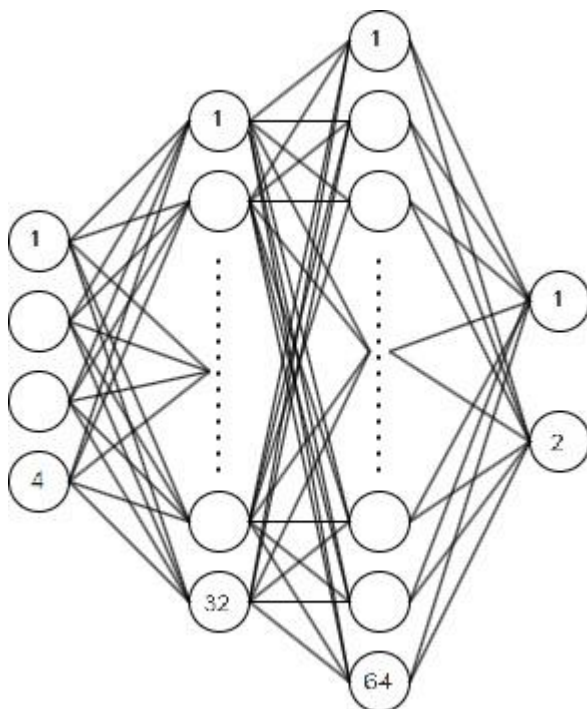


Рис. 4. Схема нейронной сети

### Заключение

Модель показала сильную зависимость от входных данных для обучения и валидации. Ввиду самостоятельного выбора порога значения вероятности для бинарной классификации, можно говорить только об интервальном оценивании характеристик модели. При применении обученной нейросети на данных, полученных с тех же космических аппаратов и того же сезона съемки, что и в обучающей выборке, результаты по точности и полноте находятся в диапазоне 71-78 %. В то время как для существенно отличающихся по характеристикам разрешения или сезону съемки космических снимков, результаты распознавания являются низкими и находятся в диапазоне 18-26 % точности и полноты. Эту проблему можно решить путём увеличения выборки данных или использования более сложных нейронных сетей.

### Список использованных источников

1. Соснин А.С. Функции активации нейросети: сигмоида, линейная, ступенчатая, relu, tahn / А.С. Соснин, И.А. Сулова // Наука. Информатизация. Технологии. Образование: Материалы XII международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 25 февраля – 01 2019 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2019. – С. 237–246. – EDN VUZYBA.
2. Петухов Д.Е. Обзор часто используемых алгоритмов по оптимизации стохастического градиентного спуска / Д.Е. Петухов, Ю.С. Белов // E-Scio. – 2021. – № 1(52). – С. 553–561. – EDN VJKXFB.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ АППРОКСИМАЦИИ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ЗВЕНА ЗАПАЗДЫВАНИЯ ДРОБЯМИ ПАДЕ

Ли Цзюмин<sup>1</sup>, Сидорова А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИТР, студент 2 курса магистратуры, e-mail: [czyumin1@tpu.ru](mailto:czyumin1@tpu.ru)

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИТР, ст. преподаватель, e-mail: [sidorova@tpu.ru](mailto:sidorova@tpu.ru)

## Введение

При исследовании объектов технических системах управления часто встречаются объекты с транспортным запаздыванием. Обычно транспортное запаздывание наблюдается в теплоэнергетических промышленных областях, а также в НГО, например, нефтегазовый сепаратор является объектом управления с транспортным запаздыванием. Настройку систем автоматического управления, умеющих объекты с транспортным запаздыванием, значительно труднее обеспечивать из-за существенного влияния на качество процессов управления и, соответственно, на устойчивость системы управления, в целом, звена запаздывания.

Основной проблемой при синтезе систем автоматического управления с запаздыванием является аппроксимация данного звена в дробно-рациональную форму представления. Для решения данной проблемы используют разные методы, наиболее известными являются методы на основе разложения в ряд Тейлора, представления дробями Паде и др.

Целью данной статьи является рассмотрение способа аппроксимации звена запаздывания дробями Паде.

## Выбор метода и решение

В большинстве случаев передаточную функцию объекта управления можно представить в виде отношения полиномов или дробно-рациональной функцией:

$$W(s) = \frac{P(s)}{Q(s)} \quad (1)$$

Устойчивость системы или объекта управления, описываемых передаточной функцией (1), можно рассчитывать по классическим методам, выполняя определенные расчеты, основанные на нахождении полюсов и нулей.

Наличие запаздывания в системе или объекте управления будет усложнять настройку параметров системы [1] и, в целом, затруднит оценивание показателей качества, так как в передаточной функции замкнутой системы управления звено запаздывания (2) будет присутствовать в полиноме числителя и в знаменателе:

$$W(s) = e^{-sT} \quad (2)$$

Для решения этой проблемы выполняют дополнительные расчеты на основе применения аппроксимации звена запаздывания. Среди многих методов приближения, Паде является наиболее часто используемым методом для аппроксимации транспортного запаздывания рациональной функцией.

Изображение аппроксимации Паде для функции  $e^{-\tau s}$  выглядит следующим образом [2]:

$$e^{-\tau s} \approx \sum_{i=0}^{m+n} (-1)^i \frac{(\tau s)^i}{i} = \frac{\sum_{i=0}^m p_i (\tau s)^i}{\sum_{i=0}^n q_i (\tau s)^i} \quad (3)$$

Аппроксимация имеет недостатки, поскольку является приближительной и приводит к дополнительной погрешности в результате синтеза. Необходимо определить насколько значительной будет погрешность при аппроксимации.

В качестве объекта исследования принимается следующая передаточная функция с запаздыванием:

$$W(s) = \frac{0.3}{20s + 1} \cdot e^{-50 \cdot s} \quad (4)$$

Для нахождения приближенного значения данной передаточной функции используем MATLAB.

Разработанная программа для расчета представлена на рис. 1.

```
S = tf('s');
sys = 0.3*exp(-50*s)/(20*s+1);
for i=1:5
    m=i;
    sysx = pade(sys,m);
    plot(step(sysx),'LineWidth',1);
    hold on;grid on
end
plot(step(sys),'BLACK','LineWidth',1.2);
legend('Order [1,1]','Order [2,2]','Order [3,3]','Order [4,4]','Order [5,5]')
title('0.3*exp(-50*s)/(20*s+1)Pade Approximant')
```

Рис. 1. Разработанная программа для аппроксимации дробями Паде

В результате использования разложения в ряд Паде были получены передаточные функции звена запаздывания (1) в дробно рациональном виде. В таблице 1 представлены приближения Паде для исходной передаточной функции с равными степенями в числителе и знаменателе.

Таблица 1

Приближение Паде для исходной передаточной функции

Степень m=n	$R_{n,n}(\tau s)$
1	$\frac{-0.3s + 0.012}{20s^2 + 1.8s + 0.04}$
2	$\frac{0.3s^2 - 0.036s + 0.00144}{20s^3 + 3.4s^2 + 0.216s + 0.0048}$
3	$\frac{-0.3s^3 + 0.072s^2 - 0.0072s + 0.000288}{20s^4 + 5.8s^3 + 0.72s^2 + 0.0432s + 0.00096}$
4	$\frac{0.3s^4 - 0.12s^3 + 0.0216s^2 - 0.002016s + 8.064e-05}{20s^5 + 9s^4 + 1.84s^3 + 0.2064s^2 + 0.0121s + 0.0002688}$
5	$\frac{-0.3s^5 + 0.18s^4 - 0.0504s^3 + 0.008064s^2 - 0.0007258s + 2.903e-05}{20s^6 + 13s^5 + 3.96s^4 + 0.7056s^3 + 0.07526s^2 + 0.004355s + 9.677e-05}$

Графики переходных процессов для соответствующих степеней при аппроксимации дробями Паде представлены на рис. 2.

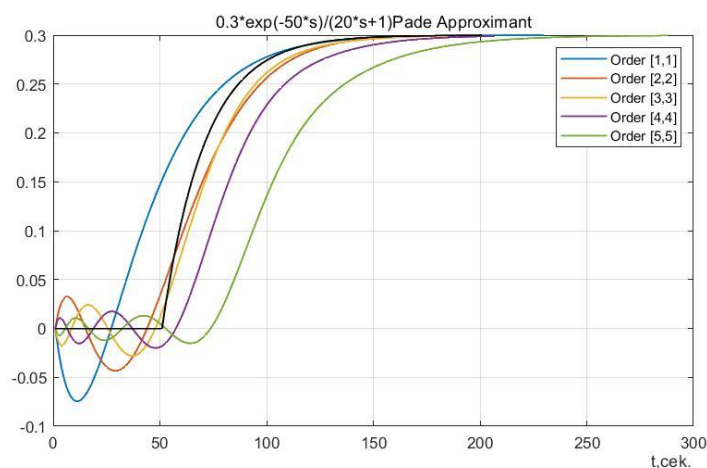


Рис. 2. Аппроксимация передаточной функции дробями Паде с равными степенями полиномов

Анализируя графики на рис. 2, можно сделать вывод: чем выше порядок аппроксимации дробей Паде, тем меньше амплитуда колебаний в диапазоне времени [0; 50]. На рис. 3 представлены графики аппроксимации заданной передаточной функции (4) дробями Паде.

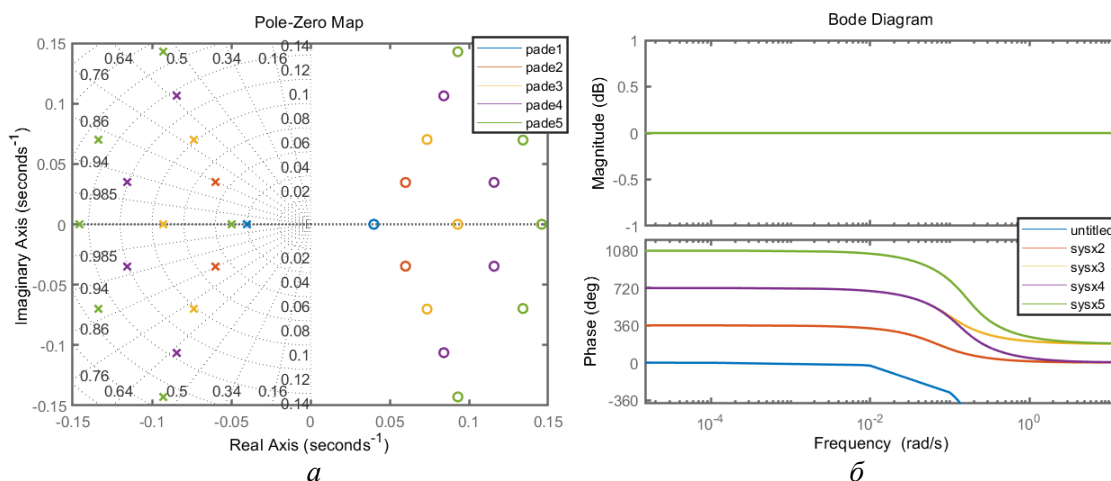


Рис. 3. Графики аппроксимированной передаточной функции дробями Паде с равными степенями полиномов:

*a* – нули и полюса;  
*б* – АЧХ и ФЧХ

На рис. 3, б видно, что коэффициент усиления аппроксимированной передаточной функции всегда равен 1, или 0 дБ, при условии равенства  $m = n$  степеней полинома числителя и знаменателя исследуемой передаточной функции. Аппроксимация не усиливает и не уменьшает амплитуду сигнала.

Оценивая данные графики расположения полюсов, амплитудно-частные и фазо-частные показатели качества, можно сделать вывод о качестве полученных переходных процессов – переходный процесс приближения Паде передаточной функции с транспортным звеном становится более точным по мере увеличения степени полинома. Однако, наблюдается зависимость между снижением колебательности на начальном участке переходного процесса при увеличении полиномов и точности полученного переходного процесса.

### Заключение

В данной работе исследована аппроксимация передаточной функции с транспортным запаздыванием наиболее известным методом – дробями Паде. Разработана программа и алгоритм для аппроксимации Паде исходной передаточной функции в MATLAB. Проведено сравнение результатов аппроксимации для различных порядков. С увеличением порядка аппроксимации Паде переходный процесс становится менее колебательным на начальном временном участке, отклонение (ошибка) от эталонного переходного процесса исследуемой передаточной функции минимизируется крайне нехарактерно. Таким образом, аппроксимация дробями Паде позволяет получить передаточные функции в виде рациональных чисел для аппроксимации звеньев транспортного запаздывания с приемлемой точностью для порядков степени числителя и знаменателя  $m = n$  равных 3.

### Список использованных источников

1. Сидорова А.А., Гончаров В.И. Применение численного метода синтеза САУ объектом с запаздыванием. Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых/ Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – С. 487 – 488.
2. Ибряева О.Л. Новый алгоритм вычисления аппроксимаций Паде и его реализация в Matlab // Вестник ЮУрГУ, Серия: «Математическое моделирование и программирование». – 2011. – № 10. – С. 99-107. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-algoritm-vychisleniya-approksimatsiy-pade-i-ego-realizatsiya-v-matlab> (дата обращения: 04.10.2023).

**Секция 3. Искусственный интеллект в образовании  
и правовые основы цифровой среды**

# ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Гордова К.П.*

*Томский Государственный Университет, Юридический Институт, гр. 062004,  
[kseniagordovaa@gmail.com](mailto:kseniagordovaa@gmail.com)*

## **Введение**

Целью работы является изучение законодательства и нормативных актов, регулирующих сферу нефтегазовой промышленности, с целью определения юридических аспектов, которые необходимо учесть при внедрении ИТ-технологий.

## **Основная часть**

Правительством утверждена Энергетическая стратегия РФ на период до 2035 г. [1] Цели стратегии связаны, в частности, со внедрением инструментов цифровизации. Ими являются проведение «ускоренного перехода» (модернизационного рывка) к более эффективной, гибкой и устойчивой энергетике, способной адекватно ответить на вызовы и угрозы в своей сфере и преодолеть имеющиеся проблемы». Цифровизация и «интеллектуализация» отрасли является характеристикой такого перехода. Согласно Стратегии, будут получены следующие результаты: «новое качество всех процессов в сфере энергетики»; «новые права и возможности потребителей продукции и услуг отраслей ТЭК».

Внедрение цифровизации должно быть проведено в ускоренные сроки, что обусловлено «прогнозируемыми изменениями мировой экономики и экономики РФ». Для внедрения цифровизации в отрасль предполагается использовать следующие механизмы: «формирование системы управления, координации и мониторинга цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса», «реализация пилотных проектов по внедрению цифровых технологий и отраслевых платформенных решений».

Информатизация в нефтегазовой компании сопряжена с разработкой информационно-технологической инфраструктуры нефтедобывающей компании. Такая инфраструктура включает в себя создание и поддержку сетей, серверов, баз данных и других технических ресурсов, необходимых для обработки и хранения информации. Также должны быть созданы соответствующие платформы данных для обмена информацией между компаниями и странами.

В рамках внедрения цифровизации возможно тестирование и использование искусственного интеллекта (ИИ). Применение ИИ в нефтегазовой промышленности позволяет повысить эффективность и безопасность работ, снизить затраты на добычу и обслуживание оборудования, принимать более точные решения. ИИ может использоваться для прогнозирования объемов добычи нефти и газа, оптимизации процессов бурения и добычи, управления производственными процессами, анализа данных, полученных с помощью геофизических методов и других задач. Новое буровое оборудование, такое как автоматизированная буровая установка и интеллектуальная буровая труба, значительно улучшило качество бурения и снизило затраты [2].

Согласно опросу ЕУ, более 92 % компаний нефтегазовой промышленности в настоящее время инвестируют в ИИ или планируют это сделать [3]. Крупнейшие нефтегазовые компании сейчас активно приобретают стартапы, связанные с ИИ. Например, GE и Statoil вложили средства в Ambuint. BP вложила средства в Belmont Technology, стартап, направленный на улучшение возможностей компании в области искусственного интеллекта и цифровых технологий в нефтедобыче на шельфе. Газпром нефть объединился с крупнейшими технологическими компаниями (Яндекс, Mail.ru, МТС и Сбербанк), чтобы развивать технологии на базе ИИ [4].

При внедрении ИТ- систем в процессы нефтегазовой компании важно учитывать правовой аспект. Использование ИИ сопряжено с рисками в части защиты данных и конфиденциальности. Для анализа данных ИИ необходим доступ к качественным данным в достаточном объеме для обучения и правильной работы в операционном режиме. Важно обеспечить законность использования таких данных. В частности, гарантировать правомерность сбора, передачи и обработки информации для повышения эффективности и качества бизнес-процессов нефтедобывающих компаний и планирования цепей поставок.

Таким образом, используемая ИТ-система должна соответствовать законодательству о защите персональных данных. Так обеспечивается конфиденциальность и безопасность данных контрагентов

и предприятия, где используются продукты цифровизации. Также при использовании инструментов информатизации учитываются требования трудового законодательства. Внедрение IT-систем не должно нарушать права работников предприятия. Например, недопустима ситуация, когда работники сокращены с нарушением норм, установленных ТК РФ и локальными актами компании, из-за замены их должности ИИ.

При работе с данными необходимо соблюдать законодательство о защите персональных данных РФ и международные стандарты, в частности, GDPR (General Data Protection Regulation). Регламент GDPR может использоваться не только при работе с иностранными контрагентами или иностранными данными, но и при работе со внутренней информацией компании. GDPR имеет экстерриториальное действие и применяется к компаниям, которые обрабатывают персональные данные резидентов и граждан ЕС, независимо от местонахождения организации. Например, соблюдать регламент должны те организации, которые находятся за пределами ЕС, но обрабатывают персональные данные граждан ЕС. Компании подпадают под условие, если предлагают товары или услуги через веб-ресурсы, имеют свой сайт, онлайн-сервис или мобильное приложение с регистрацией на языке хотя бы одной из стран Европы. Критериями являются: адаптация сайта на язык государства ЕС, регистрация домена сайта на национальном домене ЕС и возможность оплаты в иностранной валюте услуг или товаров. Так, например, нефтегазовые компании, у которых есть сайт на английском языке, должны соблюдать нормы GDPR [5].

При заключении договоров поставки с использованием ИИ для автоматизации процесса заключения и исполнения договоров могут быть использованы смарт-контракты и блокчейн-платформы. Это может помочь сократить время и затраты на сделки. При использовании смарт-контрактов необходимо определить применимое право по блокчейн-платформе, на которой сторонами заключен смарт-контракт, как оптимальный вариант разрешения проблемы в случае нарушения условий договора. Также необходимо учитывать коллизионные вопросы в трансграничных нефтегазовых сделках. В настоящее время при использовании смарт-контрактов и блокчейн-платформ в трансграничных нефтегазовых сделках существует правовое регулирование. Оно определяет применимое право по блокчейн-платформе, на которой сторонами заключен смарт-контракт, как оптимальный вариант разрешения проблемы.

Блокчейн-платформы также могут использоваться для создания цепочки поставок, которая позволит отслеживать выбросы на каждом этапе производства и транспортировки. Эта система позволит соблюдать нормативы выбросов и сбросов вредных веществ в окружающую среду, установленные законодательством РФ. В этом кейсе под нормативное регулирование подпадает деятельность по соблюдению нормативов и работе с персональными данными контрагентов.

Использование в нефтегазовой отрасли продуктов цифровизации повышает конкурентоспособность предприятия за счет увеличения добычи ресурсов, минимизации издержек и затрат труда, повышения безопасности производств и сокращения негативного воздействия на окружающую среду.

При внедрении цифровизации в нефтегазовую отрасль могут возникнуть определенные проблемы.

1. Одной из главных проблем является отсутствие соглашений и стандартов для обмена данными между различными компаниями и странами в нефтегазовой отрасли. Это затрудняет совместную работу и обмен опытом, что, в свою очередь, замедляет внедрение IT-технологий.

Решением может стать оформление и подписание российскими компаниями соглашений о передаче данных. В соглашениях между странами о передаче данных могут быть использованы конструкции международных договоров, которые подписывают представители государств, соглашаясь с положениями документа. GDPR может стать основой в части критериев, при соблюдении которых регулирование может подпадать под юрисдикцию определенного государства. Цель соглашений – избежать конкуренции правовых норм при передаче и использовании данных.

2. Использование ИИ требует большого объема данных для обучения моделей.

В нефтегазовой отрасли может быть сложно найти достаточное количество качественных данных для обучения ИИ-моделей. Это может привести к низкой производительности инструментов информатизации и ограничить возможность их применения.

Можно выделить данные, которые не являются коммерческой тайной и не могут быть использованы для получения прибыли. Например, это исследования, которые были проведены относительно давно и результаты которых были опубликованы. Полученные данные не могут быть использованы

для получения прибыли напрямую, но, при их дальнейшем исследовании, можно получить информацию, полезную для отрасли в целом. Такая информация может быть раскрыта и использована для обучения ИИ.

3. Некоторые инструменты ИИ могут быть разработаны для решения общих задач и не всегда могут эффективно применяться для решения локальных проблем, специфичных для нефтегазовой отрасли.

С учетом сложности и специфики ИИ-приложений стоит начать их использование в нефтегазовых компаниях со внедрения инструментов цифровизации, общих для нефтегазовых компаний. Например, анализ геологических данных, данных сейсмических исследований, данных о работе обогатительного и т.д. Нецелесообразно вводить индивидуальные ИТ-инструменты в компании с учетом особенностей каждого предприятия, например, исходя из местоположения. Видится, что по мере использования продуктов цифровизации будут определяться задачи, важные для конкретной нефтегазовой компании. Улучшение программ будет основано на практике, что позволит более точно определить необходимые направления исследований и деятельности.

4. Внедрение ИТ-технологий в нефтегазовую отрасль может не привести к значительному росту маржинальности. Это связано с высокой стоимостью разработки и обслуживания ИИ.

Чтобы нивелировать убытки от внедрения, возможно введение льготного периода. Так, нефтегазовые компании могут получить финансовые или иные льготы при заключении контрактов с компаниями-разработчиками ИТ-приложений. В данном кейсе сложно представить иной механизм, при котором компании могут получить, например, гранты или иные меры поддержки при внедрении продуктов цифровизации. Направление политики государства в области цифровизации нефтегазовой компании предполагает повсеместное внедрение, без поощрения отдельных компаний [6-14].

#### **Список использованных источников**

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. – № 1523 р. — Текст: электронный // Правительство Российской Федерации: [сайт]. — URL: <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf> (дата обращения: 28.10.2023).
2. Holditch S. A. Unconventional oil and gas resource development – let's do it right // *Journal of Unconventional Oil and Gas Resources*. – 2013. – № 1 (2). – P. 2–8.
3. Koroteev D., Tekic Z. Artificial intelligence in oil and gas upstream: Trends, challenges, and scenarios for the future // *Energy and AI*. – 2021. – № 3. – P. 100041.
4. Makinde I., Lee W.J. Principal components methodology—A novel approach to forecasting production from liquid-rich shale (LRS) reservoirs // *Petroleum*. – 2019. – № 5 (3). – P. 227–242.
5. Ricardianto P., Barata F., Mardiyani S., Setiawan E., Subagyo H., Saribanon E & Endri E. Supply chain management evaluation in the oil and industry natural gas using SCOR model // *Quarterly Publication*. – 2022. – Vol. 10 № 3. – P. 797–806.
6. Sircar A., Yadav K., Rayavarapu K., Bist N., Oza H., Application of machine learning and artificial intelligence in oil and gas industry // *Petroleum Research*. – 2021. – Vol. 6, № 4. – P. 379–391.
7. Waqar, A., Othman, I., Shafiq, N. Applications of AI in oil and gas projects towards sustainable development: a systematic literature review // *Artificial Intelligence Review* volume. – 2023. – № 56. – P. 12771–12798.
8. Асеева И.А. Искусственный интеллект и большие данные: этические проблемы практического использования. (аналитический обзор) // *Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 8, Науковедение: Реферативный журнал*. – 2022. – № 2. – С. 89–98.
9. Афанасьева Е.Н. Искусственный интеллект и «большие данные» в здравоохранении: области применения и гражданско-правовое регулирование // *Юридическая наука и практика*. – 2020. – № 16 (3). – С. 40–49.
10. Андриянов Д.В. Применение смарт-контрактов и блокчейн-платформ в трансграничных нефтегазовых сделках: обострение коллизийной проблемы // *Актуальные проблемы российского права*. – 2020. – № 6 (115). – С. 84–94.
11. Кулешова А.Н. Правовое регулирование отношений по добыче нефти и газа: постановка проблемы // *Legal Concept*. – 2020. – № 3. – С. 103–107.
12. Махмудов Р.Ш. Применение киберфизических систем в нефтегазовой промышленности: перспективы и проблемы // *Экономика машиностроения, организация производства*. – 2020. – № 11. – С. 68–75.
13. Рахматулина Р.Ш., Савина В.С. Правовое регулирование искусственного интеллекта и роботизации – новый этап развития экономики // *Гуманитарные и юридические исследования*. – 2019. – № 4. – С. 209–216.
14. Исследование инвестиционной привлекательности стран Европы за 2020 год: Россия // *ey.com* URL: [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/ru\\_ru/news/2021/06/european-attractiveness-survey-2021-russia-ver-2.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/ru_ru/news/2021/06/european-attractiveness-survey-2021-russia-ver-2.pdf) (дата обращения: 28.10.2023).



## ПРОМПТ ИНЖИНИРИНГ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Брехова А.Г.  
НИ ТПУ, ОИТ, ИШИТР, гр.8К11, agb@tpu.ru

### Введение

В ноябре 2022 года вышел в открытый доступ чат-бот ChatGPT от компании OpenAI [1], работа которого строится на основе языковой модели GPT-3. Открылись новые возможности для людей, никогда не работавших в сфере IT. Вместе с этим стала востребована профессия «промпт инженер» – человека, умеющего взаимодействовать с нейросетью так, чтобы получить наиболее эффективный результат.

Языковые модели и чат-боты, основанные на них, уже сейчас вызывают значительные изменения в традиционной системе образования, как со стороны преподавателей, так и со стороны обучающихся. Однако такие модели также порождают вопросы об этических соображениях, касающихся авторства и академической честности, и поднимают необходимость в новых подходах к оценке и поддержке учащихся.

Для привлечения преподавателей и учителей разных специальностей к использованию данного инструмента требуется лишь показать принцип работы нейросети и ее круг знаний, о чем и пойдет речь в данной статье.

### Применение языковых моделей в сфере образования

В контексте применения языковых моделей в образовании на сегодняшний день выделяются два основных направления:

1. Text-to-text (Рис. 1);
2. Text-to-image (Рис. 2).

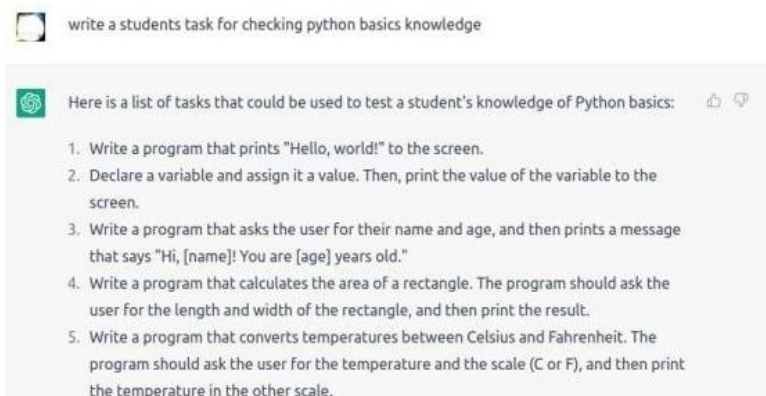


Рис. 1. ChatGPT-3.5 [2]

Нарисуй обезьяну

Вот что у меня получилось:

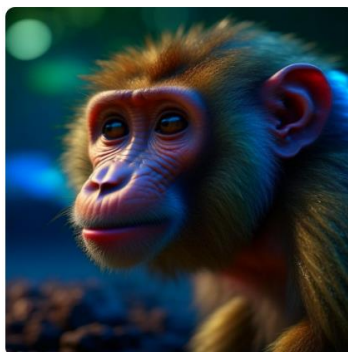


Рис. 2. GigaChat [3]

Генеративные модели вида text-to-text создают текстовое сообщение, обработав запрос пользователя, предлагая функции такие как перевод, реферирование, генерация и ответы на вопросы. К ним относятся ChatGPT-3.5, ГигаЧат от компании Сбер, VseGPT [4] и др.

Text-to-image нейросети генерируют изображение на основе его текстового описания и позволяют пользователям визуализировать концепции и идеи через детализированные иллюстрации. К ним относятся нейросети Fusion Brain [5], ChatGPT-4 (смешанный тип), Midjourney [6] и др.

Писать код программы, отвечать на разных языках, создавать изображения, вести осмысленный диалог – все это входит в возможности языковой модели. Что из этого может понадобиться преподавателю? Например, составление плана урока, придумывание заданий, подборка материала. Языковая модель способна помочь, потратив минуту времени.

Преподаватели уже знакомые с ChatGPT придумывают разнообразные задания, которые бы помогли в изучении предмета с помощью нейросети. Бенджамин Брин – американский историк и преподаватель – предложил своим ученикам смоделировать реальные исторические ситуации, используя ChatGPT [7]. Затем нужно было проверить ответы нейросети на правильность. Таким образом, в ходе игрового задания ученики запоминали даты, события и развивали навыки творческого мышления.

Также ролевая игра с языковой моделью может быть в виде диалога ученика и учителя, роль последнего, в котором исполняет нейросеть. Например, можно написать нейросети следующий промпт: «Будь моим наставником по изучению испанского языка. Ты задаешь мне вопрос, я отвечаю. Если я делаю ошибку, сделай замечание и исправь мою ошибку» (рис. 3).



Рис. 3. Ролевая игра с ChatGPT [8]

При составлении плана урока также можно воспользоваться нейросетью (рис.4).

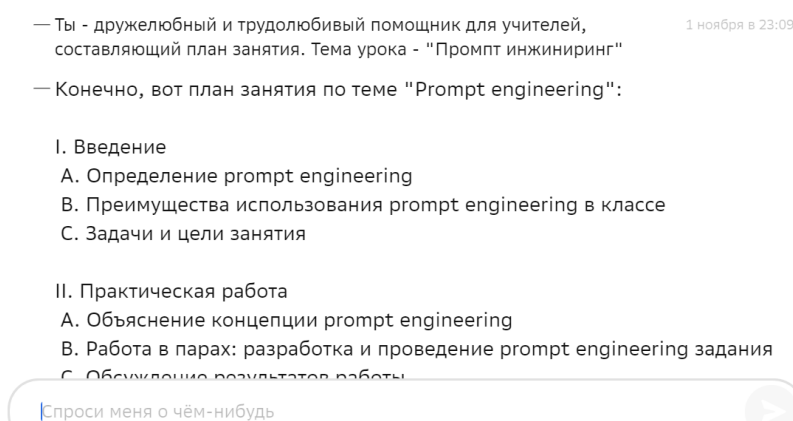



Рис. 4. План урока на тему «Промпт инжиниринг» от Гига чата

Подборка тематических промптов для составлений заданий и планов урока, которые поделились учителя с компанией OpenAI, вошла в их блог [9].

Самым очевидным и простым способом использования текстовых языковых моделей является поиск информации. Вместо того, чтобы вбивать вопрос в браузерную строку и искать ссылки, которые бы точно ответили на Ваш вопрос, можно просто задать его нейросети и получить конечный ответ.

Нейросети типа text-to-image можно использовать для создания тематических рисунков или графиков функций. Например, вместо того чтобы искать в поисковике подходящую по смыслу

картинку, можно просто написать промпт нейросети: «Нарисуй ...», и в считанные секунды вы получите результат. Данная функция подойдет для создания картинок к презентациям или любого другого обучающего материала. Ниже приведен график функции треугольника (рис. 5), вершины которого заданы пользователем.

 beta is equal to -6, zc is equal to 1+4i. Produce tikz code for the triangle in the complex plane with vertices 0, beta, zc. Also draw the axes

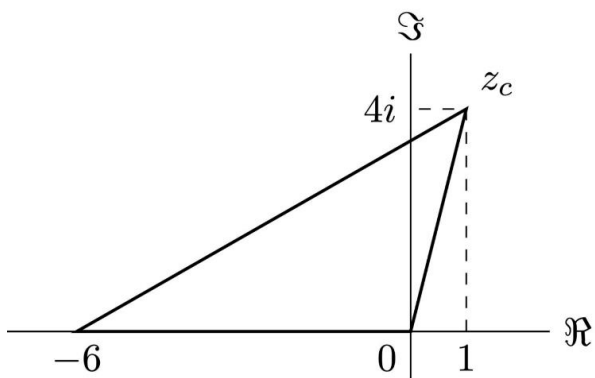


Рис. 5. График от ChatGPT-4 [10]

### Ошибки в использовании языковых моделей

Языковая модель типа text-to-text несовершенна и может допускать ошибки, как фактические, так и грамматические, поэтому стоит проверять ответ нейросети, если Вы собираетесь преподнести материал с ее помощью и критически оценивать его на достоверность фактов и корректностью языка.

Также важно обращать внимание на работу text-to-image нейросети: она может исказить природные данные у людей и животных, неправильно изображать буквы алфавита или просто перепутать ваш промпт с ее собственным пониманием мира.

Также важно обращать внимание на работу text-to-image моделей: при создании изображений на основе текстовых описаний нейросеть может неверно представлять данные, касающиеся природы, людей и животных, неправильно воссоздавать символы алфавита или некорректно отражать запрошенный контент (рис.6). Это происходит из-за того, что нейросеть строит изображение, исходя из своего понимания текстового описания, которое может существенно отличаться от человеческого восприятия и знаний. Поэтому, когда такие изображения используются в образовательных целях, необходимо тщательно проверять их на предмет точности и соответствия учебным стандартам.

Нарисуй формулу  $2+2=4$

Вот что у меня получилось:



Рис. 6. Формула от Гига-чата

Чем мы больше погружаемся в мир общения с нейросетью, тем больше осознаем трудности этого процесса, и тем важнее понимать смысл работы промпт инженера – человека, понимающего нейросеть и способного написать промпт так, чтобы языковая модель выдала нужный, или даже превышающий ожидания результат.

### **Актуальность промпт инжиниринга в образовании**

Появление в общем доступе интерфейсов взаимодействия с языковыми моделями несомненно является вызовом для традиционной системы образования. Данный инструментарий открывает обширные перспективы, позволяя существенно облегчить нагрузку на преподавателей и учащихся за счет автоматизации рутинных задач. Однако такое преобразование не лишено ряда проблем, в частности, этических дилемм. Вопросы, связанные с авторством и академической честностью, требуют тщательного рассмотрения и разработки новых подходов к образовательному процессу.

Кроме того, в современной образовательной среде навыки работы с языковыми моделями, включая эффективное составление запросов или «промпт»-инжиниринг, становятся критически важными компетенциями. Преподаватели и учащиеся должны овладеть искусством формулирования запросов таким образом, чтобы извлекать максимальную пользу из возможностей искусственного интеллекта, при этом сохраняя академическую добросовестность и критическое мышление в условиях быстро развивающейся технологической среды.

Лучший способ научиться писать запросы – практика. Однако опытные промпт инженеры уже выпускают гайды по использованию языковых моделей, где они рассказывают, как эффективно построить диалог с нейросетью, чтобы получить наиболее качественный ответ [8]. Важно сочетать опыт других людей с собственным видением того, как можно использовать нейросети.

### **Заключение**

Несмотря на то что новые технологии превосходят наши ожидания, требуется время на осознание принципа их использования, сферы их применения и того, как пробудить желание людей – как преподавателей, так и студентов – идти в образование в ногу со временем.

### **Список использованных источников**

1. Language Models are Few-Shot Learners Текст: электронный // URL: <https://arxiv.org/pdf/2005.14165.pdf> (дата обращения 03.11.2023)
2. Нейросеть ChatGPT // URL: <https://chat.openai.com/> (дата обращения 05.10.2023)
3. Гига чат (Giga Chat) //URL: <https://developers.sber.ru/portal/products/gigachat> (дата обращения 30.10.2023)
4. VseGPT. URL: <https://vsegpt.ru/> (дата обращения 30.09.2023)
5. Fusion Brain. Text-to-image нейросеть // URL: <https://fusionbrain.ai/> (дата обращения 01.11.2023)
6. Midjourney. Text-to-image нейросеть // URL: <https://www.midjourney.com/explore> (дата обращения 03.11.2023)
7. Блог Бенджамина Бриана. – Текст : электронный // - URL: [Simulating History with ChatGPT - by Benjamin Breen \(substack.com\)](https://www.substack.com/p/simulating-history-with-chatgpt) (дата обращения 01.10.2023)
8. N.Hunter. Искусство промпт инжиниринга с ChatGPT: Гайд. // URL: <https://www.amazon.com/Art-Prompt-Engineering-chatGPT-Hands/dp/1739296710> 2023, с.30
9. Блог OpenAI: Преподавания с искусственным интеллектом. – Текст : электронный // URL: <https://openai.com/blog/teaching-with-ai> (дата обращения 20.09.2023)
10. AI-powered workflows for math teaching and research. Текст: электронный // URL: [AI-powered workflows for math teaching and research • Leonid Petrov. Integrable Probability \(Ipetrov.cc\)](https://www.ipetrov.cc/) (дата обращения: 02.11.2023)

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРАВА И СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Новиков С.С.<sup>1</sup>, Новикова Ж.С.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>УВО «Университет управления «ТИСБИ» г. Казань, студент магистратуры  
email: nsaveli179@mail.ru*

*<sup>2</sup>Кафедра информационных технологий Альметьевского филиала УВО «Университет управления «ТИСБИ», кандидат экономических наук, доцент*

### **Введение**

Цель статьи рассмотреть состояние современного права в условиях распространения цифровизации. Особое внимание обращается на совершенствование судебной системы. Основная идея статьи - обосновать вывод о том, что эксплуатация цифровых информационных систем повысит эффективность и качество судейской работы обеспечит доступ к информации о деятельности судов, создаст удобство для участников спорных правоотношений поскольку информационные системы обеспечивают формирование правовых ресурсов, средств их обработки и использования.

Происходящие трансформации в различных сферах общественной жизни в условиях распространения цифровых технологий существенно преобразовывают устоявшиеся правила, механизмы, инструменты, общественные отношения, взгляды. Право играет одну из ключевых ролей в этом преобразовании, изменяя также свое содержание, формы и механизмы действия. Цифровые технологии в сфере юриспруденции представляются в виде различных источников уголовно-процессуального урегулирования, направленные на повышение качества осуществления правосудия. Обращается внимание на необходимость дифференцированного подхода к использованию цифровых технологий в различных видах судопроизводства, определяются критерии допустимости использования цифровых технологий судом при рассмотрении уголовных дел. Вследствие этого в юриспруденции принято различать понятия «электронное обеспечение правосудия» и «электронное правосудие». Говоря об «электронном обеспечении правосудия» имеют в виду подачу процессуальных документов и доказательств в суд в электронном виде, электронное извещение, участие в судебных заседаниях посредством веб-конференций. «Электронное правосудие» предполагает принятие решений при помощи технологий искусственного интеллекта [1].

Становится абсолютно очевидно, что использование информационных систем в значительной мере позволяет улучшить некоторые процессы в системе правосудия, а именно, сократить процессуальные и разумные сроки судопроизводства и разумные сроки исполнения судебных актов; оптимизировать судебное делопроизводство и документооборот.

### **Основная часть**

Теоретическую основу данной статьи составили современные научные труды отечественных и зарубежных ученых-правоведов. Под руководством академика Т.Я. Хабриевой коллектив ученых работает над перспективными направлениями развития права в эпоху роботизации и цифровизации [2]. В своих работах Ю.А. Тихомиров предлагает юридическую концепцию, раскрывая правовые проблемы роботизации [3]. О перспективах развития гражданского права в цифровом обществе говорит С.А. Сеницын [4]. Д.А. Пашенцев в своих исследованиях особое внимание уделяет вопросам совершенствования судебного и административного правоприменения на основе использования искусственного интеллекта и иных новейших цифровых технологий [5].

Особое внимание уделяется реформированию справочно-правовых систем, которые позволяют выполнять функции систематизирования, формирования картотек и нормативно-правовых актов и ментально получить полную информацию по определенному вопросу, экономя при этом время практикующих юристов.

Продолжая исследовать умственные способности человека, ученые перекладывают полученные результаты в поле деятельности компьютера. Искусственный интеллект начинает активно использоваться во многих областях общественной жизни. При создании искусственного интеллекта преследуются основные цели:

– создание информационно-аналитических систем, обладающих разумными действиями, которые в состоянии самостоятельно или под контролем и наблюдением человека обучаться, прогнозировать и выдвигать предположения на основе комплекса данных;

– создание роботов-помощников, которые могут выполнять поставленные задачи как человек.

Искусственный интеллект становится одной из обсуждаемых тем как в научном обществе, так и на уровне крупных холдингов и правительств. Видные американские учёные в сфере вычислительной технике П.Норвиг и С.Рассел определяют некоторые подходы к сущности искусственного интеллекта, которые опираются на признаки предельной схожести программно-информационного механизма с деятельностью человека [6]. Инновационные интеллектуальные системы, показывают высокую рентабельность, быструю прибыль и реальные преимущества по сравнению с традиционными методами решения производственных, практических задач.

Большое количество исследований посвящается оценке участия искусственного интеллекта в вынесении судебного приговора, точнее в его способности предугадывать решения профессиональных судей.

Например, судебная система в Америке использует искусственный интеллект, который помогает принимать досудебные решения в отношении обвиняемого. В Эстонии привлекают к принятию решений по спорам робота-судью. В феврале 2023 года в американском суде впервые использовали робота-адвокат на основе ИИ, который помогал ответчику оспорить штраф за нарушение правил дорожного движения. Робот-адвокат работает на смартфоне, слушает аргументы суда и формулирует ответы и подсказывает их подсудимому через наушники. В Китае и других странах задействуется система «умного суда», которая использует большие данные и машинное обучение, чтобы помогать живому судье быстро находить аналогичные дела прошлых лет, подсказывать возможные статьи закона, быстро генерировать тексты решений и сопутствующих судебных документов. В России также активно обсуждается вопрос об использовании в правосудии систем искусственного интеллекта, которые смогут имитировать когнитивные функции человека, обеспечивая помощь судье в принятии итоговых судебных актов.

Цифровые информационные системы предусматривают сбор, хранение, обработку, поиск и вывод информации, необходимой для принятия решений по задачам. Они помогают также анализировать проблемы и создавать новые продукты.

Следует заметить, что, исследуя особенности использования цифровых технологий в юриспруденции, ученые уделяют внимание исследованиям преимущественно практическим аспектам цифровизации правовой системы, а именно

- использование электронных нормативных источников;
- хранение большого объема информации;
- устойчивость к взлому электронных баз данных;
- электронное образование для будущих юристов;
- развитие рынка правовых услуг.

Федеральная целевая программа «Развитие судебной системы России на 2013–2024 годы» предусматривает внедрение мероприятий по созданию мобильного правосудия, электронного правосудия, внедрению программных средств аналитического обеспечения деятельности судов.

Рассматривая судебную деятельность считаем, что процедура цифровизации судопроизводства должна проходить с учетом законности и справедливости по защите прав граждан, которую не под силу выполнять автоматическим путем - роботам. То есть процессуальная форма уголовного судопроизводства не должна исказить базовое содержание уголовного процесса.

Такие системы искусственного интеллекта как «компаньон судьи» и «цифровой судья» обеспечивают точность сформированных в системе данных и генерируют решение; в скоростном режиме осуществляют обработку данных; производят анализ большого объема информации; учитывают и оценивают большое число фактов; не допускают арифметических ошибок при подсчетах; снижают нагрузку на судей; исключают коррупцию. Однако следует учитывать риски использования выше названных цифровых систем, например, проблему некачественного ввода исходных данных для анализа и обработки информации или хищения информации, находящейся в системе.

Популярностью у населения пользуется специализированный интернет-портал государственной автоматизированной системы «Правосудие» в которую входит удобный сервис подачи документов в суды в электронной форме; сервис получения уведомлений материалами дела в личном кабинете; сервис определения подсудности дел; сервис автоматического расчёта госпошлины.

В число основных инновационных технологий входит сервис ведения онлайн-трансляций судебных заседаний (на портале Госуслуг, подтвердив свою личность, есть возможность стать участником

видеоконференции с компьютера, с телефона либо с планшета). Онлайн-трансляция является телекоммуникационной технологией в режиме удаленного участия осужденных, свидетелей и иных лиц. Цель ее применения заключается в обеспечении участия в судебном заседании лиц, которые территориально удалены от места проведения судопроизводства. Особую актуальность это имеет в отношении лиц, имеющих ограниченные физические возможности; для осужденных, находящихся в местах лишения свободы; для подсудимых, содержащихся под стражей [7].

Широкую известность получили такие сайты судебной практики, как:

- Sudact, где опубликованы архивные материалы дел и нормативные документы РФ;
- Гарант- LegalTech, где можно найти любой судебный акт по любым известным реквизитам;
- СудАкт.Ру, где содержится банк с нормативно-правовыми актами федеральных органов государственной власти РФ;
- Caselook, где размещена база актов арбитражных судов и судов общей юрисдикции с промежуточными актами;
- базы данных DeFacto, где за несколько минут можно получить полную информацию о вариантах разрешения конкретного вопроса в суде;
- сайт Росправосудие для поиска судебной практики и другой информации о судьях, адвокатах, юристах [8].

### **Заключение**

Таким образом, внедрение современных технологий в отечественную судебную систему повышает уровень доступа населения к правосудию, что способствует повышению его качества, снижению сроков рассмотрения дел, создает субъектам правового сообщества и всем другим лицам условия для быстрого получения информации по судебным делам.

Поскольку технологический процесс и право являются сложно совместимыми сферами общественной жизни дискуссия о соотношении права и цифровых систем продолжается. Рассматриваются предложения о внедрении «умных» программ в области права. На законодательном уровне исследуются вопросы, связанные с межведомственным взаимодействием как органов исполнительной власти, так и судебной власти. Решаются проблемные вопросы, связанные с внедрением IT-технологий в судопроизводство, с предоставлением большему количеству заинтересованных лиц доступа к информационным системам в сфере правосудия. Исследуются вопросы правового регулирования, связанные с Интернетом вещей. Делаются определенные шаги для развития юридических клиник, некоммерческих центров, оказывающих бесплатно квалифицированную юридическую помощь малообеспеченным гражданам.

### **Список используемых источников**

1. Степанов О.А., Печегин Д.А., Дьяконова М.О. К вопросу о цифровизации судебной деятельности // *Право. Журнал Высшей школы экономики*. – 2021. – № 5. – С. 4–23.
2. Хабриева Т.Я., Черногор Н.Н. Право в условиях цифровой реальности // *Журнал российского права*. – 2018. – № 1. – С. 85.
3. Тихомиров Ю.А. Юридическая концепция роботизации: монография / отв. ред. Ю.А. Тихомиров, С.Б. Нанба. – Москва: Проспект, 2019. – 120 с.
4. Сеницын С.А. Российское и зарубежное гражданское право в условиях роботизации и цифровизации. Опыт междисциплинарного и отраслевого исследования: монография. Издательство: Инфотропик Медиа М., 2020. – 212 с.
5. Пашенцев Д.А. Цифровизация правотворчества: поиск новых решений: монография / под общ. ред. Д.А. Пашенцева М., Издательство: Инфотропик, 2022 г. – 140 с.
6. Стюарт Рассел, Питер Норвиг. Искусственный интеллект: современный подход (AIMA) = Artificial Intelligence: A Modern Approach (AIMA). – 2-е изд. – М. : «Вильямс», 2007. – 1424 с.
7. Бородинова Т.Г. Цифровые технологии в уголовном процессе России: пределы и проблемы внедрения // *Правосудие/ Justice*. – 2022. – Т.4, № 1. – С 71–86.
8. Софийчук Н.В., Колпакова Л.А. К вопросу о доступе граждан к правосудию в условиях цифровизации судопроизводства // *Русский закон*. – 2020. – № 11 (168). – С. 71–80.

## МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ЗАДАЧЕ ВЫЯВЛЕНИЯ РИСКОВ В ГОСКОНТРОЛЕ

*Абраменков А.В.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске, ИСУ-22(маг.), e-mail: artemabramenkov@gmail.com*

### **Введение**

Управлять рисками, с точки зрения госоргана, означает вовремя обнаружить угрозу безопасности граждан или установленному законом порядку вещей и устранить эту опасность или хотя бы снизить сопутствующий ущерб – так же, как землетрясения неизбежны, но если вовремя получить прогноз, то возможно принять соответствующие меры по минимизации ущерба.

Объектов воздействия рисков много, а значимой информации о них недостаточно, поэтому целесообразно получить максимум из открытых источников и стараться идентифицировать нарушителей до момента, как они окажутся в соседнем регионе или вообще в другой юрисдикции. Управление рисками решает задачу, как в условиях неопределенности корректно распределить ресурсы компании, снизить непроизводительные потери временных и денежных ресурсов.

Риски в бизнесе и государственном секторе имеют определенное сходство в плане воздействия на общество и социальные процессы и рассматриваются как некоторые угрозы, которые необходимо выявить и устранить. Основное отличие управления рисками в коммерческом секторе и госорганах заключается в мерах, которые принимаются. Бизнес может отказаться от деятельности, которая связана с риском, у государства данная возможность отсутствует. Поэтому актуальной исследовательской задачей является совершенствование информационного обеспечения задачи выявления рисков в государственном секторе на основе передовых алгоритмов обработки данных, таких, как машинное обучение, включающее в себя нейронные сети, деревья решений и другие методы искусственного интеллекта.

### **Основная часть**

Согласно стандарту ISO 31000-2018, который определяет рамочные положения риск-менеджмента, риск — это влияние неопределенности на цели организации [1]. То есть риск — это необязательно плохо. Просто из-за того, что часть информации отсутствует, результат может отклониться от ожидаемого в большую или меньшую сторону. Однако риск — не сам факт нарушения. Управлять фактом нельзя, он уже случился. Управлять можно только тем, что произойдет в будущем, которое не определено. Потенциальное нарушение можно предугадать только приблизительно, с какой-то вероятностью — это первая важная характеристика риска, которая помогает правильно распределять ресурсы.

Руководство ISO/IEC 51:2014, посвященное вопросам безопасности, так и говорит: «риск — комбинация вероятности неблагоприятного события и ущерба от него». Совокупность этих характеристик уже позволяет чем-то внятно управлять и правильно распределять ресурсы: людей, технику, деньги.

Чтобы достоверно оценить риск, важно провести анализ как в рамках статического, так и динамического подхода. Для этого необходимо выявить причины и условия возникновения риска, а также определить основные характеристики, такие как вероятность его наступления и потенциальный вред, который может быть причинен [2].

Рассмотрим пример таможенного оформления. При ввозе товаров в страну, помимо указания различной информации, такой как стоимость, вес, упаковка, отправитель, получатель и другие, необходимо также указать специальный код товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности в декларации. Этот код используется для определения таможенной пошлины в соответствии с применяемым таможенным тарифом.

Таможенный тариф является сложным классификатором, где некоторые товары могут быть отнесены к разным кодам с различными ставками пошлины. В результате возникает искушение для импортера заявить неправильный код товара, похожий на правду, чтобы уменьшить свои таможенные платежи. Таким образом был выявлен риск, связанный с введением недостоверного кода товара в декларацию с целью снижения таможенных платежей. Это обусловлено наличием «пограничных» позиций с разными ставками пошлины в классификаторе.



Выявление условий возникновения указанного риска представляет собой достаточно сложную задачу, требующую тщательного исследования. Для достижения данной цели необходимо провести анализ риска, предприняв глубокое изучение истории наблюдений за контролируемыми объектами. Это поможет выяснить, когда и кто заявлял о неправильных кодах товаров, а также выявить общие характеристики таких инцидентов. Исходя из полученных данных, можно разработать правила для предотвращения риска в будущем, определив, какие объекты относить к категории риска и какие виды проверок должны быть проведены.

Получение таких правил является наиболее простым путем, заключающимся в доверии экспертным суждениям сотрудников. Экспертные правила для выявления рисков разрабатываются специалистами, знакомыми с определенной предметной областью. Они основываются на своем личном опыте или собирают общие мнения коллег, которые ежедневно сталкиваются с нарушениями. В результате возникают простые суждения вида «если... то...».

Оценка вероятности возникновения рисков и потенциального ущерба, причиненного угрозами, производится на основе экспертного мнения или примерных расчетов.

Главным преимуществом экспертных правил является их простота в составлении и интерпретации человеком. Однако, недостатком является то, что правило может применяться одновременно к большому числу лиц - как нарушителей, так и добросовестных участников экономической деятельности. В результате, эффективность контроля будет невысокой.

Применение экспертных правил обычно приводит к избыточному охвату объектов контроля и недостаточной результативности, так как эксперт не всегда способен учесть все индивидуальные особенности опасных объектов. Однако, в помощь приходит машинное обучение, которое позволяет создавать статистические профили рисков. Эти профили формируются путем применения технологий анализа данных к истории нарушений и информации о контролируемых объектах в разных предметных областях [3].

В данном случае имеется задача бинарной классификации, где специализированный аналитический алгоритм самостоятельно определяет, какие характеристики объектов позволяют отнести их к категории «плохих» или «хороших». При правильной настройке, получаем точные оценки рисков, включающие детальные условия и автоматически рассчитанную вероятность, а также потенциальный ущерб (которые при экспертном подходе определяются субъективно). Эти характеристики образуют «профиль риска» - описание того, что, где, когда и насколько страшно.

Статистические профили риска могут быть созданы различными способами. Они могут быть основаны на деревьях решений или случайных лесах. Могут также использоваться умные нейронные сети с несколькими скрытыми слоями.

Для целей государственного контроля предпочтительнее создавать статистические профили риска на основе интерпретируемых алгоритмов. Оказалось, что государственным органам трудно доверять даже точным машинным прогнозам, так как плохо решается вопрос доверия к результату. Государственным органам необходимо знать, какие факторы указывают на наличие угрозы и какие правонарушители попадают под этот профиль.

Поэтому статистический профиль риска также представляется правилом, которое можно прочитать и понять. Просто список характеристик, описывающих возможных преступников, длиннее и сложнее, чем в экспертном профиле.

Этот набор индикаторов (условий) риска может показаться несколько фантастическим. Но это не «великая магия», а просто использование методов машинного обучения и имеющейся у нас ограниченной информации для описания скрытых моделей поведения людей, которые приводят к нарушениям.

Начиная с экспертного применения правил и заканчивая статистическим анализом, основанным на анализе скрытых паттернов, становится ясно, что неопределенное тестирование можно исключить. Огромный спектр текущих проверок сужается до точечных воздействий на цели, которые подпадают под выявленные модели неправильного поведения.

Посредством ввода данных об инспекциях в статистическую модель можно получить профиль риска, учитывающий поведенческие характеристики импортера-нарушителя, независимо от заявленной стоимости товара.

Статистические профили являются более точными, избирательными и непредвзятыми, чем экспертные. Они уменьшают количество случайных «попаданий» и способствуют повышению эффективности инспекций.

Недостатком статистических профилей является то, что они основаны на прошлом опыте выявления нарушений, общих закономерностей. Если в истории таможенного надзора есть история занижения стоимости ввозимых товаров, алгоритмы будут выявлять признаки нарушителей и формировать статистические профили рисков. Однако при поиске новых нарушений, которые еще не были выявлены государственными органами, характеристики такого поведения еще неизвестны, поэтому приходится работать «наощупь», то есть итеративно.

Третий подход – поиск неизвестного. Существует несколько способов поиска неизвестного.

Первый метод – случайная выборка. Случайным образом выбирается объект и подвергается тщательному исследованию. Этот метод достаточно справедлив, но малоэффективен, что связано с тем, что законопослушные субъекты в равной степени подвергаются проверкам, а усилия и бюджет государственных органов тратятся впустую.

Второй метод – выявление аномалий. В этом случае проверяются те субъекты, параметры которых выделяются. Вероятность выявления нарушений выше, если анализируются аномалии, а не просто «прощупывается» большое количество случайных объектов [4].

Например, допустим, у товара на таможне необычно высокое соотношение веса к упаковке. При проверке может выясниться, что импортер «намудрил» с весом, чтобы скрыть некоторые нарушения. Он занизил стоимость, поэтому пытается поднять одну из контрольных величин или выдать один товар за другой. Если посмотреть глубже, то характеристики «натуральных» и фиктивных весов различны.

Однако это лишь простейший пример, доступный человеку. В реальности поиск аномалий происходит в многомерном пространстве свойств.

Аномалии – это не риски, а просто «необычные вещи». Профили аномалий должны давать новый «материал» для создания экспертных и статистических профилей. Это связано с тем, что результаты проверок аномалий являются частью истории контролируемых наблюдений.

Для достижения оптимальных результатов в управленческой и контрольной деятельности государственных органов необходимо сочетание трех методов идентификации рисков: экспертных правил, статистических профилей рисков на основе методов машинного обучения и профилей аномалий. При этом область применения экспертных правил должна быть сужена и использоваться только для точечных административных мер.

Экспертные правила незаменимы на начальном этапе создания системы управления рисками, так как для построения аналитической модели необходима база прецедентов. Для построения аналитической модели необходимо провести проверки на основе экспертных профилей рисков и перенести их результаты в математическую модель.

## **Заключение**

Проведенный анализ показал, что будущее государственного контроля и мониторинга рисков за гибридным подходом, сочетающим опыт и знания сотрудников государственных органов с новыми методами машинного обучения. Это позволяет объединить преимущества различных подходов к оценке рисков в единую интегрированную алгоритмическую среду. При этом подход на основе машинного обучения позволяет автоматизировать обработку больших массивов информации и выявлять скрытые паттерны в данных на основе формирования собственного набора признаков, которые человек может не распознать и не увидеть. Роль же человека будет оставаться за принятием окончательного решения с целью формирования таких результатов оценки риска, которым можно доверять.

## **Список использованных источников**

1. INTERNATIONAL STANDARD ISO 31000 – Текст: электронный // Менеджмент. – 2018. – URL: <https://shahrdevelopment.ir/wp-content/uploads/2020/03/ISO-31000.pdf> (дата обращения: 24.10.2023).
2. Mhlanga D. Financial inclusion in emerging economies: The application of machine learning and artificial intelligence in credit risk assessment. – Текст: электронный // Информационные технологии. – 2021. – URL: <https://www.mdpi.com/2227-7072/9/3/39> (дата обращения: 24.10.2023).
3. Пучков А.Ю., Дли М.И., Прокимнов Н.Н., Соколов А.М. Интеллектуальная модель управления рисками нарушения характеристик электромеханических устройств в многостадийной системе переработки рудного сырья // Прикладная информатика. – 2023. – Т. 18, № 1. – С. 22–36. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-1-22-36
4. Василькова М.А., Пучков А.Ю. Метод обнаружения аномалий в данных энергопотребления частного сектора // Энергетика, информатика, инновации – 2021. Сб. трудов XI-ой Межд. науч.-техн. конф. В 2 т. Т 1. – 2021. – С. 55–59.

## МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВИРУСОВ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

*Давиденко А.Д.*

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»  
«Санкт-Петербургский колледж телекоммуникаций им. Э.Т. Кренкеля», группа К631,  
e-mail: davidenko.af@yandex.ru*

### **Введение**

Цель данной работы заключается в описании моделей распространения известных компьютерных вирусов, повлекших за собой серьезные последствия.

Идея состоит в том, чтобы, исследуя материалы, в которых описаны алгоритмы работы известных вредоносных программ, попытаться понять цель их создания.

### **Понятие компьютерного вируса**

Компьютерный вирус – это вредоносная компьютерная программа, которая намеренно создает и распространяет свои копии без согласия пользователя. Она способна нанести вред не только конкретному компьютеру, но и группе компьютеров.

Основная цель компьютерных вирусов состоит в том, чтобы взять на себя управление компьютером и лишить его способности функционировать нормально. Для выполнения этой задачи вредоносные программы используют уязвимости в системах.

### **Jerusalem (1987)**

Одним из самых известных и разрушительных файловых вирусов в истории является Jerusalem (Friday the 13th), впервые обнаруженный в октябре 1987 года в Еврейском университете Израиля.

Модель распространения:

1. Зараженный исполнимый файл (например, в составе дистрибутива программы) должен быть доставлен на компьютер пользователя – с внешнего носителя, по средствам электронной почты, передачей по сети и т. п.

2. В момент запуска программы выполняется код вируса: проверяется текущая дата (системное время). Если день недели – Пятница и число – 13 (любого месяца любого года, кроме 1987), то удаляются системные файлы операционной системы. В таком случае цель достигнута – операционная система разрушена

3. В противном случае, код вируса остается в оперативной памяти, в виде отдельной резидентной программы, а основная программа продолжает своё выполнение. Резидентный вирус производит поиск ещё не зараженных исполнимых файлов на компьютере и изменяет их, внося свой код в программу.

Таким образом, при запуске любого зараженного файла повторяется алгоритм пунктов 2 и 3.

По всей видимости, цель создателя(ей) вируса Jerusalem состояла в том, чтобы внести свой вклад в деструктивный культ этой даты.

### **Червь Морриса (1988)**

Червь Морриса – не менее известный компьютерный вирус, созданный студентом Корнелльского университета Робертом Таппаном Моррисом. Червь представлял собой сложную программу, которая была способна самостоятельно распространяться по сети и препятствовать попыткам ее остановить.

Данный вирус появился с развитием сети ARPANET. В отличие от Jerusalem, он распространялся не по файловой системе, а по сети, делая это самостоятельно.

Червь Морриса распространялся благодаря трём уязвимостям: уязвимости реализации Finger и Sendmail в популярных UNIX-системах (они позволяли запускать любой код на удаленном компьютере). Если ни один из двух вариантов не проходил, то червь пытался подключиться по rsh (консоль удаленного администрирования). Для последнего требовался пароль, но Червь Морриса использовал брутфорс (перебор паролей) по словарю.

Модель распространения:

1. Запуск – Моррис запустил свою программу, которая сканировала сеть и находила удаленные хосты.
2. Подключение к удаленному хосту и его заражение – происходило благодаря уязвимости утилит rsh и Sendmail.
3. Сбор учетных данных и паролей пользователей хоста – осуществлялся на основе уязвимости утилиты Finger.
4. Дальнейшее распространение – сканирование сетей, к которым подключен хост.

Таким образом, Роберт Моррис собирал данные об удаленных хостах и учетных записях и паролей пользователей. Программа имела сложный код, в котором использовались различные методы конспирации и защитные алгоритмы от повторного заражения компьютера. Однако последнее работало недостаточно хорошо. Всё-таки удаленная машина могла заражаться повторно, что вызывало запуск нескольких копий процессов червя, что приводило к большой нагрузке на систему и сеть. Это и вызвало коллапс работы сети.

Не смотря на большой ущерб, который повлекла за собой данная вредоносная программа, по словам создателя, у него не было цели нанести вред и использовать собранные данные пользователей для получения какой-либо выгоды.

### **WannaCry (2017)**

WannaCry (WCry, WannaCrypt, WannaCrypt0r 2.0, Wanna Decryptor) – это сетевой червь и программа-вымогатель денежных средств, которая поражала компьютеры только с операционной системой Windows. Массовое распространение началось 12 мая 2017 года.

Для распространения использовалась программа ETERNALBLUE, эксплуатирующая уязвимость протокола SMB (Server Message Block), который отвечает за удаленный доступ к сетевым ресурсам и файлам, и бэкдор DOUBLEPULSAR (дефект алгоритма, позволяющий получить доступ к управлению операционной системой, данным и компьютеру в целом).

Модель распространения:

1. Заражение – вирус должен быть доставлен на компьютер пользователя (например, в составе дистрибутива другой программы) и запущен на выполнение. После этого начинается сканирование файловой системы в поисках пользовательских файлов определённых типов, каждый отобранный файл шифруется.
2. Распространение – сканируются локальные и глобальные сети на поиск доступных хостов и возможность подключения с использованием уязвимости ETERNALBLUE. В случае успеха устанавливается бэкдор DOUBLEPULSAR. Далее на удаленный хост загружается сам вирус.
3. Блокировка доступа пользователю к его файлам – появление окна с требованием выкупа (в криптовалюте) за разблокировку. При невыполнении этого требования в течении определенного времени данные уничтожались.

В отличие от выше рассмотренных примеров, в WannaCry используется работа вредоносной программы для незаконного получения коммерческой выгоды.

### **Заключение**

Как мы видим, в рассмотренных случаях 1987, 1988 и 2017 годов используются идеи и модели, которые уже были использованы ранее. Вместе с этим менялись цели и мотивации разработчиков: от хулиганства до получения коммерческой выгоды.

### **Список использованных источников**

1. Абидарова А.А. Разновидности компьютерных вирусов // Научно-методический журнал «Достижения науки и образования» – 2020. – № 4(58). – С. 9.
2. Бородина А. Н., Контарева Н. И., Акользин В. В. Компьютерные вирусы // Международный научно-практический журнал «Теория и практика современной науки» – 2016. – № 1(7). – С. 43–45.
3. Юджин Х. Спаффорд Технический отчет CSD-TR-823 URL: <http://www.textfiles.com/100/tr823.txt> – 2004.
4. Кувшинов Н.Е., Галяутдинов А.А. Анализ вредоносной программы WannaCry // Форум молодых ученых – 2017. – № 9(13) – С. 499–503.

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ

*Крючкова А.Д.<sup>1</sup>, Шишигина Н.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Колледж РГСУ, студент ДШ-К-0-Д-2021-1, *anastasia.kryuchkova@bk.ru*:

<sup>2</sup> Колледж РГСУ, преподаватель, *nataliashishigina@yandex.ru*.

### **Введение**

Еще совсем недавно процесс получения знаний был довольно трудоемким, чтобы получить нужную информацию студенты затрачивали большое количество времени, помимо этого, источники получения информации были ограничены. Затем, в качестве библиотеки почти у каждого в доме появился компьютер с мировой паутиной внутри, ученики могли получить нужные материалы, не затрачивая много ресурсов. На этом развитие технологий не остановилось, совсем недавно искусственный интеллект со стремительной скоростью стал внедряться в нашу жизнь. Целью нашей работы являлось объяснить, как с помощью ИИ можно решить проблему доступности и непрерывности образования [2].

### **Описание алгоритма**

Одной из главных проблем современных студентов является подбор нужной информации. К сожалению, в интернете появилось большое количество различной информации, которая не всегда бывает достоверной. Студент зачастую не может понять какие источники ему использовать, или из-за неопытности и незнания изучить совсем не то, что требуется. ИИ позволяет создавать персонализированные образовательные программы, адаптированные под индивидуальные потребности каждого студента. Благодаря этому ученик может осваивать материал в своем темпе, а преподаватель более эффективно контролировать процесс обучения.

Доступность образования для людей с ограниченными возможностями. ИИ дает учащимся с ограниченными возможностями существенно увеличить их образовательные возможности и уровень вовлеченности. К числу последних достижений, обусловленных использованием ИИ, относятся приложения, которые способны вести наблюдение, анализировать и описывать происходящее вокруг слабовидящего человека с помощью мобильного телефона, помогая ему узнавать друзей и знакомых и даже описывать их эмоции на основании анализа таких факторов, как выражение лица и поза [3; 1].

Еще одним преимуществом ИИ является его способность упрощать и ускорять Вашу работу или обучение. Для студентов актуальна тема создания презентаций, но не все готовы тратить большое количество времени на оформление работы, с ИИ все гораздо проще, он может создать индивидуальный дизайн для Вашей презентации за пару минут. Такие функции как: расшифровывать аудио в текст, проверять текст на ошибки, опечатки, повторы, генерировать тексты на заданные темы, писать код, общаться с пользователями, искать информацию в интернете, переводить тексты и многое другое может повысить качество и ускорить Ваше обучение. ИИ может помочь Вам в изучении языка[4]. У многих студентов есть проблемы с приобретением разговорного навыка, кто-то не может найти себе собеседника, кто-то стесняется разговаривать на изучаемом языке. ИИ придет к Вам на помощь. Нейросеть помогает развивать навыки говорения и слушания через интерактивные задания и диалоги.

Часто случается, что пропадает интерес к учебе или студент не уверен в себе. И в этом случае ИИ приходит на помощь. Используя инновационный подход в использовании игровых элементов, искусственный интеллект способен обеспечить интересное и увлекательное обучение, что в свою очередь способствует поддержанию мотивации у студентов. Кроме этого, искусственный интеллект способен разработать виртуальные награды и призы, которые стимулируют достижения и продвижение в процессе обучения [5].

Искусственный интеллект - наше будущее, избегать его применения не имеет никакого смысла, мир меняется, и мы тоже. В любом случае, ИИ изменит не только обычную жизнь людей, но также повлияет на образование и применение искусственного интеллекта, причём пока не ясно, как именно повлияет. С одной стороны – это колоссальные возможности для ученика и учителя. Искусственный интеллект интересен тем, что в учебном процессе он персонализирует взаимодействие с обучаемым, подстраивается под индивидуальные особенности восприятия конкретного ученика. ИИ должен помогать студенту оперативно отобрать источники для написания своего диплома, сформировать массив статистических данных, провести анализ этих данных, чтобы студент, опираясь на эту помощь, мог сделать выводы по теме дипломного проекта и написать сам проект. А вот, когда ИИ пишет за человека диплом целиком – это путь деградации. Мэр Москвы Сергей Собянин, и глава «Сбербанка» Герман

Греф поспорили на полях Петербургского международного экономического форума. Причиной разногласий стал вопрос о том, может ли искусственный интеллект принимать управленческие решения за людей. В ближайшие десятилетия искусственный интеллект вряд ли сможет принимать управленческие решения за людей — для этого ему необходимо «полюбить человека», считает мэр Москвы Сергей Собянин.

В то же время глава «Сбербанка» Герман Греф уверен, что за ИИ — будущее. Не смотря на это, опасности исчезновения профессий учителя нет, несмотря на определённые дискуссии на эту тему. Учитель не только передаёт ученикам знания, но и прививает определённые модели поведения, воспитывает своих учеников. По данным исследования НИУ ВШЭ, более 70 % педагогов иностранных языков и их студентов считают необходимыми в преподавании навыками понимание и уважение учеников, решение конфликтных ситуаций, вовлечение в учебный процесс и чувство юмора [5; 2]. Искусственный интеллект никогда не овладеет этими способностями.

### **Заключение**

Целью данной работы являлось разобраться как ИИ может помогать студентам в процессе получения образования. Мы выяснили, что искусственный интеллект в образовании представляет собой мощный инструмент, который меняет образовательные практики. Он повышает эффективность обучения, делает его более доступным и персонализированным. Президент России Владимир Путин анонсировал новый этап Национальной стратегии развития искусственного интеллекта. Его задача в горизонте текущего десятилетия — обеспечить массовое внедрение технологии ИИ, охват всех отраслей экономики, социальной сферы и системы государственного управления. В новой редакции он поручил зафиксировать в качестве приоритета формирование «подлинного технологического, цифрового и, в немалой степени, культурного, образовательного ценностного суверенитета» России. С правильным подходом ИИ может способствовать качественным изменениям в системе образования, обогащая знания и навыки учащихся в цифровую эпоху [1].

### **Список использованных источников**

1. Коляда М.Г. Проблемы применения искусственного интеллекта в педагогике / М.Г. Коляда, Т.И. Бугаева // Педагогическая информатика. – 2018. – № 4. – С. 127–139.
2. Коровникова Н.А. Искусственный интеллект в образовательном пространстве: проблемы и перспективы // Социальные новации и социальные науки. – Москва : ИНИОН РАН, 2021. – № 2. – С. 98–113.
3. Стивен Дагген. Искусственный интеллект в образовании Институт ЮНЕСКО по информационным технологиям в образовании 2020. – С. 20-25.
4. Струнин Д.А. Искусственный интеллект в сфере образования / Д.А. Струнин. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – № 6 (453). – С. 15–16.
5. Уэйн Холмс Искусственный интеллект в образовании : Перспективы и проблемы для преподавания и обучения 2022. – С. 50–67.

## КОММУНИКАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЛОЯЛЬНОСТИ ОБЩЕСТВЕННОСТИ

*Рахмилевич М. П.<sup>1</sup>, Бомбин А.Ю.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный экономический университет, РС-2002,  
e-mail: masha\_rahmilevich@mail.ru*

<sup>2</sup> *Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Гуманитарный факультет,  
старший преподаватель, e-mail: bombin.a@unecop.ru*

### **Введение**

Целью данной работы является определение особенностей коммуникационного сопровождения корпоративной деятельности специфических отраслей экономики России в условиях цифровой трансформации. В статье рассматривается значение коммуникационного сопровождения в качестве пиар-инструмента, влияющего на лояльность общественности компаний газохимической деятельности. Авторы на примерах показывают значимость общественного мнения и способы воздействия на него путем формирования портфеля определенных инструментов и различных цифровых платформ, направленных на минимизацию рутинных бизнес-процессов в контексте формирования лояльности, как в цифровой, так и физической среде.

### **Основная часть**

В настоящее время, зачастую позиционирование компании на рынке не соответствует ее реальной деятельности и, как правило, это осознанное пиар воздействие, влекущее положительное общественное мнение. Такой подход является трудоемким, долгим и сложно измеримым процессом.

Деятельность газохимической отрасли является спорной. Далеко не всегда общественность поддерживает существование компаний добывающей и перерабатывающей промышленности. И это неспроста, ведь подобная деятельность может принести большой ущерб экологии, а при халатном отношении к технологии добычи и последующей переработки сырья может погибнуть целая экосистема.

Технология добычи газа, чаще всего, осуществляется следующим образом: на месторождении бурится скважина глубиной от 4 км и газ добывается под собственным давлением. Но есть более разрушительный для экологии подход- гидравлический разрыв пласта, куда подается смесь песка и химических соединений для того, чтобы придать газу вязкость. По скольку структура глубинных слоев почвы схожа с человеческой кровеносной системой, а именно то, что их так же связывают подземные воды, то факт использования коллоидных соединений, нефтепродуктов, керосина и смол для разрыва пластов несёт распространение химических веществ на огромные территории. Последствия использования такого способа добычи могут быть разными, например загрязнение вод, непригодность почв для жизни животных и насекомых и прочее. Так же большой проблемой становятся разливы продуктов добычи.

Учитывая все риски тяжело сказать, что люди могут поддерживать деятельность из области промышленности в контексте изучения процессов построения лояльности к бренду или бизнесу в целом [1]. Однако, несмотря на все вышесказанное, газохимическая отрасль приносит много пользы людям, которая на данный момент не имеет аналогов. Первым и очевидным фактом является то, что газохимические компании вносят значительный вклад в экономику, способствуя росту и развитию. Благодаря этому создаются новые рабочие места, что способствует снижению безработицы. Налоговые отчисления поступают в бюджеты различных уровней, что способствует улучшению жизненного уровня людей. Так же компании реализуют социально-экономические программы и принимают активное участие в благотворительной деятельности. В общем и целом, подобные компании обеспечивают рост экономики государства и региона, в котором осуществляется их деятельность.

Неочевидным достоинством газохимической промышленности становится экология, поскольку продукт газового сырья является более безопасным для природы, чем уголь, бензин и дизель, которые активно используются в качестве топлива. Добыча угля как правило осуществляется карьерным или шахтным способом, который значительно меняет природный ландшафт и экосистему. Большой проблемой становятся выбросы парниковых газов, сернистых соединений и оксиды азота в атмосферу – главная причина климатических изменений.

Вышеуказанные химические элементы влекут негативные последствия здоровью человека, такие как респираторные и сердечно-сосудистые заболевания. Газ, в свою очередь в процессе сжигания выделяет меньше вредных испарений в атмосферу. Нужно упомянуть то, что разливы нефтепродуктов являются экологической катастрофой, поскольку их крайне тяжело утилизировать. Утечка же газа, либо продуктов его переработки несут гораздо меньше ущерба природе, поскольку в сжиженном состоянии в воде он разбавляется до безопасной концентрации, а в газообразном виде растворяется в атмосфере.

Одним из основных преимуществ использования газа является его дешевизна. Он является одним из самых дешевых видов топлива, что делает его привлекательным в ряде применений. Кроме того, газ обладает удобством использования. В сжиженном состоянии он имеет низкую вязкость и очень хорошо смешивается с водой и другими растворителями. Это значительно упрощает его использование в различных процессах.

Несмотря на вышесказанное, мнение людей по поводу добычи и переработке газа разное. Чаще всего общественность относится негативно к появлению новых компаний, занятых подобной деятельностью. В рамках исследования данного вопроса нами был проведен опрос, направленный на выявление отношения людей к газохимической отрасли. По его результатам (рис. 1) можно сделать вывод о том, что большинство людей ассоциируют добычу газа со словами: #ПлохаяЭкология и #Наживаться. Лишь 12 % респондентов упомянуло о том, что добывающая промышленность позитивно влияет на экономический аспект (#Экономика – 12 %).

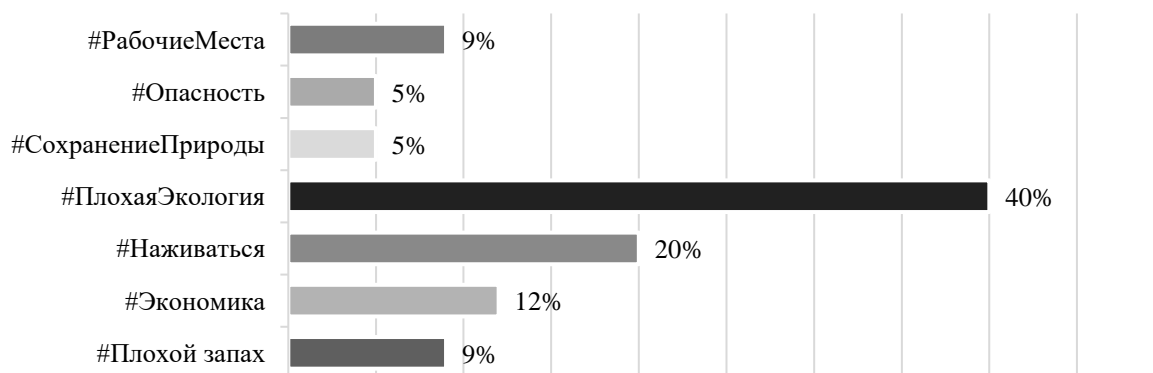


Рис. 1. Результаты опроса респондентов об их отношении к газохимической отрасли (ассоциативный ряд)

На вопрос об отношении к тому, чтобы в их регионе появилась газохимическая компания респонденты выразили мнение о том, в среднем, что появление компании данного формата окажет негативное или вовсе отрицательное влияние на экологию региона и его дальнейшее развитие – 60 % респондентов (рис. 2).

Большинство респондентов отмечает то, что компании, занимающиеся добычей и переработкой газа, оказывают негативное влияние на экологию. Таким образом, данный небольшой опрос подтвердил то, что в сознании общественности любая добывающая деятельность является отрицательной. Люди не доверяют компаниям.

Общественное мнение имеет большое влияние, и при неправильном подходе компании, может вырубить с корнем так и не запущившиеся проекты. Примером может послужить громкий случай на станции «Шиес» [2, с. 75]. В 2018 году компания «Технопарк» хотела построить мусорный полигон, куда бы свозились и утилизировались отходы из Московской области. Задумка могла бы принести экономическую пользу региону и уменьшить негативное воздействие мусора на экологию. Однако, из-за того, что представители компании и власти регионов молчали и не давали обратную связь общественность начала сама искать правду. Жители регионов стали выходить на массовые протесты против строительства полигонов. В итоге неграмотные действия руководства и представителей властей привели к тому, что проект закрылся, так и не начав реализацию.



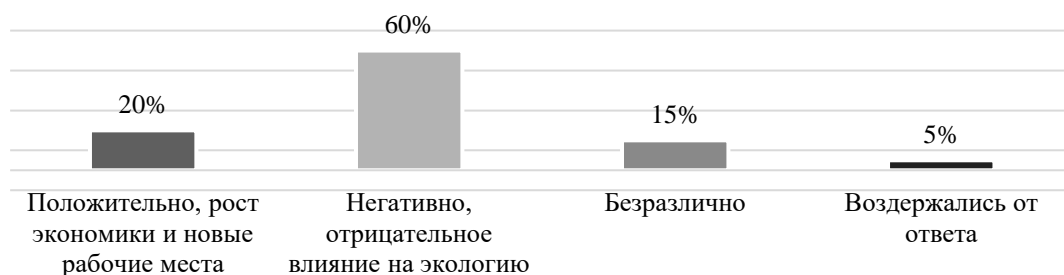


Рис. 2. Результаты опроса респондентов об их отношении к созданию предприятия газохимической отрасли в их регионе

Каким же образом компании газохимической отрасли поддерживают лояльность аудитории? Далее мы проанализировали инструменты, которые компании газохимической промышленности могут использовать в рамках поддержания и повышения лояльности, на примере компании «РусХим Экосинтез» [3].

*Правильное позиционирование.* Организация уже с названия дает нужный вектор мысли для аудитории. Компания занимается добычей и переработкой метанола, но дает понять общественности то, что их деятельность идет в гармонии с природой. Из удачных решений можно отметить то, что компания взяла себе под опеку малого тундрового лебедя, который находится в Красной книге, что подчеркнуло ответственное отношение компании к природе [4, с. 487].

*Сотрудники-лицо компании.* В организации нет официального стиля одежды. Все сотрудники ходят в том, что удобно. Это сближает народ и компанию, показывая, что «мы похожи».

*Показывать пользу и безопасность.* Компания пригласила СМИ, блогеров и представителей власти на аналогичное градообразующее предприятие в другой регион, в город Губаха [5]. Там они смогли убедиться в том, что сохранение природы – это их приоритет. Так же удачным решением аналогичного предприятия было соседство завода рядом с горнолыжным курортом, что стало акцентом на безопасность подобной деятельности.

*Активное участие в жизни общества.* «РусХим Экосинтез» стали постоянными участниками всех местных мероприятий. Так же компания проводит в школах собственные уроки экологии, где показывает то, в каком состоянии находится Арктика, как человек воздействует на нее, и то какие пути решения экологических проблем есть [6, с. 34].

*Онлайн присутствие.* Компания регулярно ведет страницы в популярных социальных сетях, таких как Телеграмм, ВК, Одноклассники. Туда постоянно выставляются посты об их деятельности, организуются конкурсы и выкладывается полезная информация. Так же нужно отметить удобный, стильный сайт – лицо современной компании.

*Ответы на вопросы.* «РусХим Экосинтез» регулярно проводит заседания общественно-наблюдательного совета по реализации проекта. Данные меры помогают предотвратить слухи и домысливания, ведь любой желающий может задать интересующие вопросы.

*Оценка экспертов.* Компания приглашает сторонние организации для оценки состояния месторождений, предложений по обеспечению безопасной добыче и переработки метанола.

Лояльность общественности была достаточно низкой, когда компания только заходила в регион, но грамотные действия пиар-специалистов, в том числе по представлению компании, ее роду деятельности, а также различных инициативах на различных цифровых платформах, привели к тому, что сейчас большая часть общества поддерживает деятельность «РусХим Экосинтез».

## Заключение

Таким образом, стоит отметить, что в целом успешное коммуникационное сопровождение деятельности компании в контексте повышения лояльности общественности базируется на нескольких важных факторах, а именно: прозрачность деятельности, взаимодействие со стейкхолдерами, работа в области социальной ответственности и применение в своей работе современных средств и инструментов коммуникации, в том числе различных цифровых платформ управления процессами. Следуя перечисленным выше факторам, у компании появляется возможность для построения долгосрочных отношений с общественностью и другими заинтересованными сторонами, а также возможность сформировать позитивный образ в глазах людей.

### **Список использованных источников**

1. Ngoc Tu Tran. Impact of corporate social responsibility on customer loyalty: Evidence from the Vietnamese jewellery industry // *Cogent Business & Management*. – 2022. – Vol. 9:1. DOI: 10.1080/23311975.2022.2025675.
2. Давыдов Д.А. Динамика массовых протестных акций в современной России: событийный анализ // *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены*. – 2022. – № 5. – С. 72–93. DOI: 10.14515/monitoring.2022.5.2199.
3. Бомбин А.Ю., Смирнова В.В. Социальные медиа как инструмент развития бренда и повышения качества цифровых коммуникаций в бизнесе // *Гуманитарные науки и вызовы нашего времени : сборник научных статей по итогам III Всероссийской (национальной) научной конференции, Санкт-Петербург, 11–12 марта 2021 года*. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – С. 139–142.
4. Jo H. Examining the key factors influencing loyalty and satisfaction toward the smart factory // *Journal of Business & Industrial Marketing*. – 2023. – Т. 38. – № 3. – С. 484–493. DOI: 10.1108/JBIM-02-2021-0124.
5. В Собрании депутатов НАО состоялась встреча с представителями группы компаний «Русхим» // *Собрание депутатов НАО*. [Электронный ресурс]. URL: [https://sdnao.ru/news/news\\_detail.php?ELEMENT\\_ID=36931](https://sdnao.ru/news/news_detail.php?ELEMENT_ID=36931) (дата обращения: 29.10.2023).
6. Черкозьян А.М. PR-инструменты в коммуникации ресурсодобывающих компаний с локальной общественностью // *Научный электронный журнал Меридиан*. – 2021. – № 4(57). – С. 33–35.

## БУДУЩЕЕ УЖЕ НАСТАЛО: РЕВОЛЮЦИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*Галиуллина А.И.<sup>1</sup>, Тугузбаев Г.А.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> Уфимский юридический институт МВД России, факультет подготовки следователей, III учебный взвод, e-mail: aisulygali@mail.ru*

*<sup>2</sup> Уфимский юридический институт МВД России, кафедра управления в органах внутренних дел, старший преподаватель, e-mail: hayaz1@yandex.ru*

### **Введение**

В современном мире искусственный интеллект стал неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Он помогает нам решать различные задачи и выполнять простые и сложные операции. В сфере образования цифровые технологии также нашли свое применение. Они позволяют нам осваивать новые знания и навыки с помощью специальных приложений и программного обеспечения. В данной работе мы рассмотрим актуальность использования искусственного интеллекта в процессе обучения, особенности умных приложений, позволяющих индивидуализировать образовательный процесс, а также примеры его использования в подготовке к экзаменам, как ОГЭ и ЕГЭ. Мы также рассмотрим применение искусственного интеллекта в преподавательской деятельности, его возможности в проверке знаний учащихся. Это позволяет нам взглянуть на современные тенденции в образовании и понять, как искусственный интеллект меняет нашу жизнь и приводит к новым возможностям в области образования.

### **Основная часть**

В современном мире мы не можем представить свою обыденную жизнь без использования искусственного интеллекта. Искусственный интеллект настолько прочно вошел в процесс человеческой жизнедеятельности, что порой и простые задачи поручаем на выполнение умных машин.

Для развития каждого человека необходимо получать образование. С этой целью были образованы школы, высшие учебные заведения. Но сейчас, в век развития цифровых технологии, новые знания, умения и навыки становятся необходимыми. Процесс их усвоения занимает более длительный промежуток времени, тем не менее, для подготовки преподавателей, которые будут преподносить новые знания на должном уровне, становится всё более актуальной. Но цифровые технологии шагнули дальше. В настоящее время при возникновении необходимости освоения определённого навыка, тем не менее расширить свои познания в конкретной области знания, достаточно установить специально разработанное приложение.

Суть данных «умных приложений» заключается в особенности заложенного алгоритма. Изначально в них вносятся специальные данные, которые позволяют анализировать процесс обучения любого человека. Рассмотрим на примере. Есть всем известное приложение для изучения иностранных языков как Duolingo. Алгоритм действия данного приложения строится на определённых и строго установленных этапах. Так после регистрации Вас перенаправляют на страницу определения уровня владения тем или иным языком, тест простой, но требует знания базовых положений. После чего осуществляет подбор индивидуального курса и разработка расписания занятия. Также и сами учебные занятия подстраиваются под каждого человека. Согласитесь, когда в самом приложении есть такие разделы, как аудирование, чтение, письмо, то занятия с репетиторами теряют свою актуальность.

Для большего понимания актуальности применения возможностей искусственного интеллекта в процессе обучения необходимо обратиться к процессу подготовки к ОГЭ и ЕГЭ. За последние пять лет большую популярность приобретают платформы, где такие же выпускники рассказывают об основных моментах подготовки, делятся секретами. Всё бы ничего, но от такого занятия результат колоссальный.

Стоит также отметить, что процессе обучения с использованием возможностей искусственного интеллекта повышается возможность копнуть глубже в освоении определённой и заинтересованной вас дисциплины. Курсы подготовки не носят длительный характер, а дают комплексные знания в достаточный короткий период.

Кроме того, искусственный интеллект нашло свое широкое применение и в преподавательской деятельности. Если до разработки первых умных машин, а затем и создания и цифровых технологии все носило бумажный характер, то есть любые контрольные работы, проверка знания осуществлялись преподавателем с помощью ручки. То сейчас есть возможность пройти тестирование по пройденному

материалу онлайн либо ответить на вопросы в письменном виде на бумажном носителе после чего отсканировать. В современных машинах, оснащенных искусственным интеллектом, есть способность разобрать письмо любого человека, так же дать ответ касаясь правильности той или иной задачи.

Исходя из вышеизложенного положения, кажется, что от искусственного интеллекта одни плюсы, можно получать любые знания, осуществлять контроль своего прогресса в ходе изучения того или иного материала. Всё бы ничего. Но обучающиеся всё чаще стали прибегать за помощью к данному интеллекту для решения задач или написания сочинения. Если раньше списывали друг у друга, то сейчас не замалачиваются и этим. В некоторых случаях помощь со стороны искусственного интеллекта не заметен, но возникают такие ситуации, когда при решении задач данная система прибегает к использованию тех знаний которые еще не пройдены, либо не изучаются в школе. Дело в том, что искусственный интеллект не знает каким уровнем знания вы, сейчас владеете и соответственно на каком классе или курсе вы учитесь. Обучающимся сейчас не важно, что списано с того или иного слайда, главное оно соответствует шаблонным требованиям преподавателей, за что они готовят высоко оценить их результаты. Широкое распространение среди обучающихся получил сайт ChatGPT.

Следует также в качестве примера привести интересный момент из жизни.

В России дела обстоят иначе. История студента РГГУ Александра Жадана, успешно защитившего дипломную работу, написанную при помощи ChatGPT, вызвала большой резонанс. Когда молодой человек рассказал, как он на самом деле выполнил работу, его не наказали — и даже пригласили в Комитет Госдумы по информационной политике, чтобы обсудить перспективы применения ИИ в системе образования.

Министр науки и высшего образования России Валерий Фальков прокомментировал ситуацию так: «Никаких негативных последствий для студента быть не должно. Он просто проверил систему на прочность. <...> Вот такого рода ситуации... показывают, что университетам надо перестраиваться. Как минимум наталкивают на мысль, что надо менять подход к заданиям».

Но в нескольких штатах США не разрешают использовать ChatGPT в учебных работах из-за опасений, что нейросеть негативно воздействует на обучение. Аналогичное решение приняли в Японии. В Италии нейросеть запретили полностью, то же самое хотят сделать в Германии, Испании и ряде других развитых стран.

Обобщая вышеизложенное ясно, что использование возможностей искусственного интеллекта имеет как положительный и негативный эффект в образовательной деятельности. Есть и те обучающиеся, которые получают огромное количество знаний и умения и приумножают их благодаря искусственному интеллект, но есть и те, которые используют его лишь для быстрого решения задачи и времяпровождения в другой среде. Искусственный интеллект предоставляет получать персонализированное образование с обратной связью и проработкой слабых мест. Однако крайне важно учитывать потенциальные недостатки искусственного интеллекта и гарантировать безопасность, соблюдая баланс между преимуществами и недостатками, чтобы оно приносило только пользу системе образования.

## **Заключение**

Таким образом, использование искусственного интеллекта в образовании имеет существенное значение, позволяя не только ускорить процесс обучения и освоения новых знаний, но и обеспечивая глубокое понимание материала. Кроме того, развитие цифровых технологий позволяет применять искусственный интеллект не только студентам, но и преподавателям, сокращая время проверки работ и обеспечивая точность результата. Искусственный интеллект является неотъемлемой частью образовательного процесса и преимущественным средством повышения качества образования в современном мире.

## **Список использованных источников**

1. Адаптивное обучение – Adaptive learning // URL: [https://ru.qwe.wiki/wiki/Adaptive\\_learning](https://ru.qwe.wiki/wiki/Adaptive_learning)
2. Макк А.А. Способен ли искусственный интеллект превзойти интеллект человека? // URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29167840>
3. Струнин Д.А. Искусственный интеллект в сфере образования / Д.А. Струнин. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – № 6 (453). – С. 15–16. – URL: <https://moluch.ru/archive/453/99921/> (дата обращения: 01.11.2023).
4. РИА новости. Фальков прокомментировал случай с написанным нейросетью дипломом РГГУ <https://ria.ru/20230208/neyroset-1850578155.html>
5. МОСКВА, 14 февраля. /ТАСС/. <https://tass.ru/obschestvo/17045847>

6. Карякина А.В. Искусственный интеллект в искусстве: новые горизонты или угроза творчеству / А.В. Карякина // Чаяновские чтения – XIX : материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Энгельс, 14 апреля 2023 года. – Саратов: Российский университет кооперации, Поволжский кооперативный институт, 2023. – С. 198–199. – EDN NCAJWO.
7. Гуськова А.Б. Будущее компьютеров: развитие искусственного интеллекта / А.Б. Гуськова // Чаяновские чтения - XIX : материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Энгельс, 14 апреля 2023 года. – Саратов: Российский университет кооперации, Поволжский кооперативный институт, 2023. – С. 196–197. – EDN SRSEJM.
8. Смольянинова Ю.В. Философско-этические аспекты искусственного интеллекта / Ю.В. Смольянинова // Философия в XXI веке: социально-философские проблемы современной науки и техники : Материалы I Международной научно-практической конференции, Москва, Зеленоград - Красноярск, 12 мая 2023 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 239–243. – EDN KZRQKJ.
9. Берхеева Ю.Р. Искусственный интеллект и его влияние на общество / Ю.Р. Берхеева // Философия в XXI веке: социально-философские проблемы современной науки и техники : Материалы I Международной научно-практической конференции, Москва, Зеленоград - Красноярск, 12 мая 2023 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 92–95. – EDN DQCGXL.
10. Мыслякова А.В. Обеспечение экономической безопасности интеллектуальной собственности / А.В. Мыслякова // Экономическая безопасность личности, общества, государства: проблемы и пути обеспечения : Материалы всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 07 апреля 2023 года / Сост. Н.В. Мячин, В.О. Соболева. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации, 2023. – С. 371–374. – EDN WODTMP.

## **Секция 4. Цифровые системы управления техническими объектами**

# ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕГРАЦИИ ПРОВОДНЫХ И БЕСПРОВОДНЫХ ПРОТОКОЛОВ СВЯЗИ

Гительман В.С.<sup>1</sup>, Курганов В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО «ТомскНИПИнефть», Отдел АСУ ТП, Инженер II категории, e-mail: GitelmanVS@tomsknpi.ru

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, ИШИТР, доцент, e-mail: kurganov@tpu.ru

## Введение

Современные системы автоматизации (АСУ ТП) играют ключевую роль в промышленности, обеспечивая эффективное управление производственными процессами. Классические АСУ ТП, основанные на проводных технологиях, доказали свою надежность и эффективность. Однако, с развитием беспроводных протоколов связи, возникает необходимость интеграции проводных и беспроводных технологий для достижения еще большей эффективности и гибкости в управлении технологическими процессами.

Целью работы является разработка и исследование системы автоматического регулирования температуры, основанной на комбинации проводных (OPC UA, DA) и беспроводного (MQTT) протоколов связи. Предложена архитектура АСУ ТП, включающая в себя программируемый логический контроллер (ПЛК), среду математического моделирования, коммуникационную платформу, SCADA-систему и мобильное приложение.

## Основная часть

В ранней работе была разработана математическая модель системы автоматического регулирования температуры, состоящая из ПЛК, ПЧВ (преобразователя частоты векторного), асинхронного электродвигателя, вентилятора, нагревательного элемента, термосопротивления и термопреобразователя сопротивления [1]. Модель системы была реализована в программном обеспечении (ПО) MATLAB Simulink. В настоящей работе модель была успешно перенесена и построена в отечественном ПО SimInTech.

Для управления объектом используется ПЛК 150 компании Овен и программа CODESYS OPC Server. Данные, полученные с помощью ПЛК, передаются в среду математического моделирования SimInTech [2] по протоколу OPC DA. Результаты моделирования, выходные данные из среды SimInTech по протоколу OPC UA поступают в коммуникационную платформу KEPServerEX 6 [3]. Далее данные преобразовываются в MQTT сообщение и передаются по MQTT-протоколу на брокер EMQX, в приложение IoT MQTT Panel. С помощью данного приложения можно удаленно управлять процессом регулирования температуры, контролировать параметры и задавать уставку. Предлагаемая архитектура АСУ ТП с использованием беспроводного протокола MQTT приведена на рис. 1.

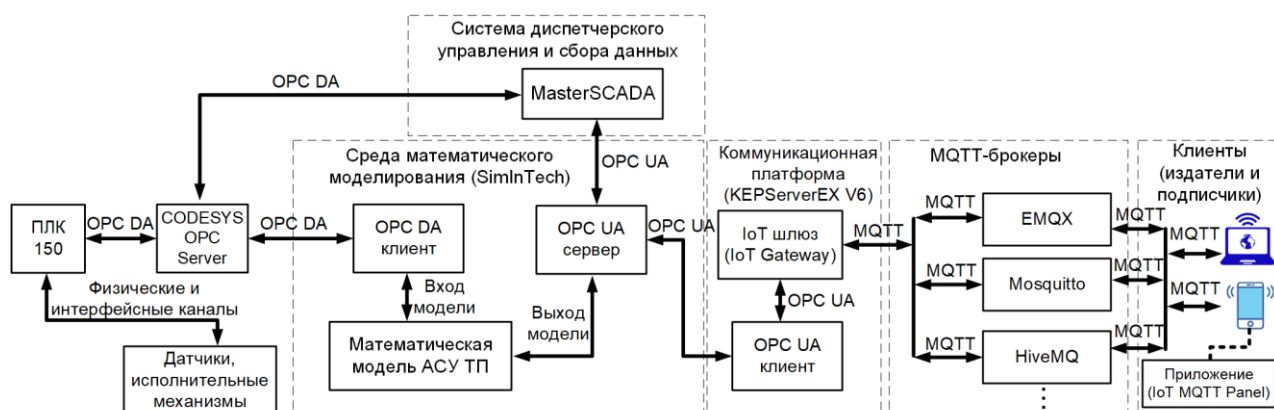


Рис. 1. Предлагаемая архитектура АСУ ТП с использованием беспроводных протоколов связи

В научной работе [4] рассматривается интеграция протоколов OPC UA и MQTT для цифровизации промышленности в соответствии с концепцией Индустрии 4.0. Приводится описание предлагаемой архитектуры системы на основе взаимодействия данных протоколов. Таким образом, совместное применение OPC UA и MQTT протоколов позволяет осуществить цифровизацию существующей АСУ ТП, модернизировать системы, работающие только на основе OPC UA протокола.

MQTT представляет собой протокол беспроводной передачи данных, широко используемый для M2M (Machine-to-Machine) взаимодействия между устройствами. По своей сути, MQTT – специализированный протокол публикации небольших наборов данных в интернете вещей [5]. Основная сфера его применения — доставка небольших сообщений, например, показателей датчиков. Сообщения в MQTT передают между тремя участниками — издателями, брокером и подписчиками: Издатели — отправители сообщений, например датчики, установленные в термометрах и других IoT-устройствах. Брокер (MQTT-broker) — центральный узел MQTT, который отвечает за взаимодействие между издателями и подписчиками. Брокер получает данные от издателей, обрабатывает их, передает подписчикам и контролирует доставку. Обычно в качестве брокера выступает серверное ПО (MQTT Server) или контроллер. Подписчики — конечные получатели данных от датчиков, например аналитическая система, развернутая в облаке.

У MQTT-протокола несколько особенностей, которые, в частности, делают данный протокол энергоэффективным. MQTT — бинарный протокол. При передаче данных в условиях медленной и нестабильной связи нужно экономить каждый бит. Поэтому данные пересылают в максимально компактном виде. Минимальное управляющее сообщение MQTT может состоять всего лишь из двух байтов данных. MQTT требует небольших вычислительных ресурсов для реализации на устройстве IoT, благодаря чему данный протокол является подходящим для использования на микроконтроллерах. Более того, данный протокол минимально нагружает вычислительные мощности устройств и правильно доставляет сообщения в центральный узел (MQTT-брокер) в условиях нестабильного соединения. Также данный протокол является надежным при передаче данных, MQTT-сообщения доставляются правильно и устройства не тратят ресурсы на повторную отправку сообщений.

Посредством комбинации проводного протокола OPC UA и беспроводного протокола MQTT, а также среды моделирования, можно наладить связь с ПЛК через MQTT без необходимости использования аппаратных средств, шлюзов. Более того, с использованием предлагаемой архитектуры (рис. 1) возможно обеспечить связь по беспроводному протоколу MQTT с ПЛК, который изначально не поддерживает протокол MQTT. Таким образом, данный подход в ряде случаев позволяет сэкономить средства и упростить процесс интеграции проводных сетей с беспроводными.

Дополнительно стоит отметить ряд преимуществ предлагаемого подхода:

- совместное использование проводных и беспроводных технологий способствует повышению гибкости и эффективности в управлении и контроле технологических параметров. Комбинация технологий позволяет применять возможность удаленного управления и контроля технологических параметров посредством мобильных приложений (смартфонов);

- с использованием предлагаемой архитектуры АСУ ТП возможно создать более гибкую и масштабируемую систему связи, осуществить экономию средств при построении сетей (свести к минимуму количество проводов, исключить необходимость использования аппаратных шлюзов). В результате беспроводные протоколы связи позволяют передавать данные на большие расстояния без необходимости прокладывать проводную связь;

- применение беспроводных протоколов показывает высокую эффективность в условиях высокой степени удаленности объекта или сложности промышленных систем.

Предлагаемая в настоящей работе архитектура (Рис. 1) позволяет реализовать более гибкую систему АСУ ТП, повысить эффективность диспетчерского контроля и управления технологическими процессами. При этом классический подход управления посредством SCADA-системы также присутствует. В данной архитектуре взаимодействие ПЛК со SCADA-системой (MasterSCADA) может производиться через среду математического моделирования SimInTech (протокол OPC UA) или через CODESYS OPC Server (протокол OPC DA). Второй способ позволяет при обрыве соединения со средой моделирования продолжить работу с MasterSCADA и сохранить классическую схему взаимодействия элементов АСУ ТП без использования среды математического моделирования и беспроводных протоколов связи. Таким образом, в случае разрыва соединения со средой математического моделирования и MQTT-брокером, АСУ ТП при правильной настройке продолжит выполнять свои функции с использованием классического ПЛК-SCADA взаимодействия посредством OPC-технологии. Для сохранения надежности взаимодействия ПЛК и SCADA-системы возможно либо напрямую подключать SCADA-систему MasterSCADA к ПЛК (по OPC DA), минуя среду математического моделирования SimInTech, либо комбинировать прямое подключение ПЛК к MasterSCADA по OPC DA через CODESYS OPC Server и подключение ПЛК к MasterSCADA посредством OPC UA Server в среде математического моделирования.



В целях сохранения надежности АСУ ТП полный переход на взаимодействие ПЛК с MQTT-брокером без использования SCADA-системы и классических OPC-протоколов не целесообразен и не рекомендуется крупными производителями оборудования для автоматизации [6]. Производители рекомендуют расширять существующую АСУ ТП посредством MQTT в том случае, если MQTT будет использоваться в качестве параллельной надстройки над существующей системой, основанной на OPC технологиях.

На рис. 2 приведена построенная в программном обеспечении SimInTech система для передачи данных с использованием технологии OPC (протоколов OPC UA/DA).

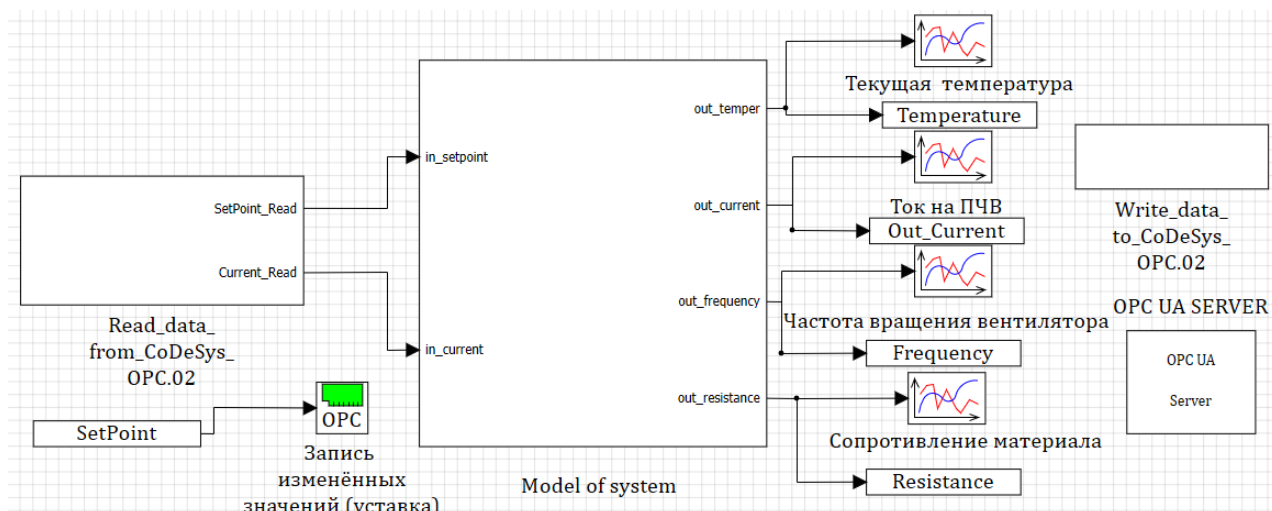


Рис. 2. Модель в среде SimInTech для реализации связи с использованием технологии OPC

Представленная АСУ ТП позволяет не только использовать все те преимущества, о которых было написано ранее, но и применять возможности среды математического моделирования для реализации сложных и эффективных алгоритмов управления. Например, для регулирования параметров технологических процессов в среде математического моделирования возможна разработка регуляторов на базе нечёткой логики, нейронных сетей. Также можно осуществлять решения оптимизационных задач, строить системы поддержки принятия решений (СППР) для повышения качества управления технологическим процессом.

В целях расширения возможностей представленной архитектуры АСУ ТП, в перспективе может быть разработано приложение дополненной реальности (AR-приложение) на основе протокола MQTT, которое позволит осуществлять мониторинг технологических параметров, а также управление технологическим процессом с использованием смартфонов, планшетов (мобильных АРМ).

## Заключение

В данной работе была предложена архитектура АСУ ТП, позволяющая интегрировать проводные и беспроводные протоколы связи. Данное решение способствует повышению эффективности и гибкости управления технологическими процессами. В ряде случаев данная архитектура также может способствовать экономии средств, поскольку при её реализации не требуются дорогостоящие аппаратные средства (IoT шлюзы, контроллеры с поддержкой беспроводных протоколов передачи данных). При этом предлагаемое решение эффективно в случае расширения, масштабирования существующей АСУ ТП. Более того, применение данной архитектуры дает возможность дистанционного управления технологическим процессом практически из любого места, обеспечивающего доступ к сети интернет.

На примере существующей системы регулирования температуры, управление которой построено на базе комбинации промышленных протоколов OPC UA/DA и беспроводного протокола связи MQTT, а также среды математического моделирования SimInTech, показаны преимущества предлагаемой архитектуры АСУ ТП. Такой подход позволяет любому ПЛК, который имеет возможность подключения по протоколу OPC DA, легко наладить взаимодействие с любой SCADA-системой, поддер-

живающей OPC UA, поскольку среда математического моделирования способна обеспечить получение и передачу данных как с использованием OPC DA, так и посредством OPC UA.

### Список использованных источников

1. Гительман В.С. Модельно-ориентированное проектирование как инструмент повышения качества разработки программного обеспечения для программируемых логических контроллеров / В.С. Гительман, В.В. Курганов // Проблемы разведки, разработки и обустройства месторождений нефти и газа : Сборник тезисов XVI региональной научно-технической конференции молодых специалистов АО «ТомскНИПИнефть», Томск, 3 марта 2023 года / Отв. редактор А.Г. Чернов. – Томск: Акционерное общество «Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа», 2023. – С. 37–41. – EDN OWPTAK.
2. Среда динамического моделирования SimInTech // SimInTech: сайт. – 2023. – URL: <https://simintech.ru/>.
3. Коммуникационная платформа KEPServerEX // ИнСАТ: сайт. – 2023. – URL: <https://insat.ru/products/?category=2375>.
4. Wang, Z., Han, D., Gong, Y., & Zhao, Y. (2022). Multi-protocol Integration and Intercommunication Technology Based on OPC UA and MQTT. Journal of Physics: Conference Series, 2173, 012070. DOI: [10.1088/1742-6596/2173/1/012070](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2173/1/012070).
5. MQTT: протокол передачи данных в интернете вещей // Журнал VK Cloud: сайт. – 2023. – URL: <https://mcs.mail.ru/blog/protokol-peredachi-dannyh-mqtt/>.
6. Bridge your OPC UA systems to MQTT // OPTO 22: сайт. – 2022. – URL: <https://blog.opto22.com/optoblog/bridge-your-opc-ua-systems-to-mqtt>.

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЛОКАЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

*Емантаева Е.А.<sup>1</sup>, Расымбетов Р.Р.<sup>2</sup>, Кривоносова Н.В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича”, К510, [classyvenice8@gmail.com](mailto:classyvenice8@gmail.com);

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича”, К514, [robertras47423@gmail.com](mailto:robertras47423@gmail.com);

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича”, Санкт-Петербургский колледж телекоммуникаций имени

Э.Т. Кренкеля, начальник отдела развития профессиональных компетенций, [nvkrivonosowa@mail.ru](mailto:nvkrivonosowa@mail.ru)

### Введение

В настоящее время локальные вычислительные сети являются неотъемлемой частью работы многих организаций и предприятий. Они используются для обеспечения связи и обмена информацией между компьютерами, серверами и другими устройствами. Такие сети позволяют сократить время передачи данных, обеспечивают более быстрый и надежный доступ к информации, повышают эффективность работы сотрудников и снижают затраты на коммуникации.

Для корректного функционирования таких сетей нужно наблюдение за их работой. Возникает необходимость в разработке и поддержке системы мониторинга для отслеживания производительности, которая позволяет следить за работой всех устройств в сети, отслеживать загрузку устройств, количество ошибок на интерфейсах, использование ресурсов, оповещать администратора о возникновении проблем и автоматически создавать отчеты о работе сети.

Существует несколько программ мониторинга, однако не все они удобные в использовании и не оснащены нужным функционалом. Необходимо разработать решение, которое поможет системному администратору в отслеживании состояния составляющих сети. При чем необходима такая программа, которая будет простой для понимания, удобной и надежной в ее непосредственном применении и с нужными параметрами для отслеживания.

### Описание функциональности системы

Для решения проблемы контроля создается система мониторинга, которая реализует следующие функции:

1. *Мониторинг безопасности.* Система должна отслеживать попытки несанкционированного доступа к сети и предупреждать администраторов о возможных угрозах безопасности. Функция может быть реализована с помощью JWT – открытый стандарт для передачи данных в клиент-серверных приложениях. Процесс аутентификации заключается в том, что пользователь входит в систему с помощью своих данных, после этого сервер получает запрос и отправляет пользователю JWT, который сохраняется у пользователя и включается в его последующие запросы. Токен проверяется сервером и подтверждает авторизацию.

2. *Мониторинг производительности.* Система должна отслеживать производительность сети и ее компонентов, (например, маршрутизаторы, коммутаторы и серверы) и предупреждать администраторов о возможных проблемах. Также можно контролировать параметры процессора, памяти. Для мониторинга и оценки производительности сети и работы ее компонентов используется протокол SNMP, предназначенный для управления сетевыми устройствами. Протокол обладает клиент-серверной архитектурой, поэтому устройства, работу которых необходимо отслеживать, предоставляют информацию, которую менеджеры могут запрашивать с помощью сообщений типа GET. Такой обмен сообщениями осуществляется через протокол UDP – протокол транспортного уровня в модели OSI, предназначен для передачи данных по сети.

3. *Мониторинг доступности сети.* Система может отслеживать доступность устройств в локальной сети и предупреждать администраторов о возможных проблемах, например, с помощью протокола ICMP. Данный протокол используется для проверки доступности хостов. Определяется с помощью команды ping, благодаря которой можно отправить Echo-Request (пакет-запрос) и получить Echo-Reply (пакет-ответ) от удаленного узла. Также отслеживается маршрут передачи, возникающие ошибки и информация о потере пакета, что помогает контролировать каналы передачи данных.

4. *Мониторинг изменений.* Система должна отслеживать изменения в конфигурации сети, так как они могут привести к нарушению безопасности сети, утечке данных организации, а также предупредить администраторов о возможных проблемах, связанных с этими изменениями.

5. *Мониторинг передачи данных.* Система может отслеживать доставку данных между устройства в локальной сети. Для реализации этой функции используется протокол ARP, который контролирует процесс передачи данных. Для определения MAC-адреса устройства, на который необходимо отправить данные, устройство-отправитель формирует запрос (ARP Request), содержащий IP-адрес, для которого требуется установить MAC-адрес. Сообщение от устройства, имеющего нужный IP-адрес, является ответом (ARP Reply). Данная информация сохраняется для минимизации частоты отправки ARP-запросов для последующих отправок пакетов.

6. *Мониторинг использования приложений.* Система может отслеживать использование приложений в локальной сети и предупреждать администраторов о возможных проблемах, связанных с нагрузкой на сеть и производительностью приложений, например, могут использоваться журналы приложений для отслеживания действий.

7. *Мониторинг доступности веб-сайтов и использования интернета.* Система может отслеживать доступность веб-сайтов и предупреждать администраторов о проблемах с доступностью. Например, можно использовать отправку запросов к веб-сайтам и проверки их доступности. Также для реализации этой функции можно выделить протокол SSL. Данный протокол работает на уровне транспортного (сетевое) уровня стека протоколов OSI, обеспечивая шифрование и аутентификацию данных между клиентом и сервером. Процесс работы заключается в том, что при подключении к веб-сайту сервер запрашивает у него идентификацию, в свою очередь веб-сайт должен предоставить копию SSL-сертификата.

8. *Мониторинг сетевого трафика.* Система может отслеживать объем сетевого трафика и типы передаваемых данных, чтобы определить возможные проблемы с пропускной способностью и безопасностью сети, а также анализировать получаемые данные. Для этой цели используется протокол NetFlow, разработанный компанией Cisco. Он позволяет анализировать сетевой трафик и предоставляет данные для контроля, например: источник, назначение, протокол, порт и объем переданных данных. Для мониторинга трафика каждое устройство, поддерживающее протокол, собирает информацию об IP-пакетах, далее она поступает в коллектор NetFlow для обобщения данных и передачи их в анализатор, который предоставляет проанализированные данные в виде отчетов. Протокол NetFlow также помогает в обнаружении угроз благодаря подробному мониторингу, поскольку отслеживает откуда приходит трафик и сканирует порты, что помогает выявить и устранить атаки.

## **Заключение**

Подводя итоги исследования, создание системы мониторинга локально-вычислительной сети является необходимым условием для обеспечения ее стабильной работы и эффективного управления. Без системы мониторинга администраторы не могут оперативно реагировать на возможные проблемы и не могут контролировать производительность и безопасность сети.

Создание системы мониторинга локально-вычислительной сети является важным шагом в обеспечении безопасности, стабильности и эффективности работы сети. Она позволяет контролировать использование ресурсов, повышать производительность и обеспечивать более высокое качество обслуживания пользователей. Все это позволяет снижать затраты на эксплуатацию сети и улучшать ее функциональность.

## **Список использованных источников**

1. Шулаева Е.А., Маринич А.А. Разработка системы мониторинга безопасности информационной среды предприятия // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2023. – № 1.
2. Половинко Е.В., Половинко С.О. Программно-аппаратный мониторинг устройств локальной вычислительной сети как средство предотвращения нарушений информационной безопасности предприятия // Форум молодых ученых. – 2019. – № 11(39).
3. Лазарева Н.Б., Горбачев К.А. Системы мониторинга оборудования // E-Scio. 2020. № 2(41). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-monitoringa-oborudovaniya> (дата обращения: 31.10.2023).
4. Федорова Л.М. Системы мониторинга. Обзор и сравнение // Вестник науки и образования. – 2020. – № 10-4(88). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-monitoringa-obzor-i-sravnenie> (дата обращения: 31.10.2023).

## ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

*Ибраев Р.Б.<sup>1</sup>, Мамонова Т.Е.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Томский политехнический университет, аспирант, e-mail: rbi1@tpu.ru*

<sup>2</sup>*Томский политехнический университет, к.т.н., доцент, e-mail: rbi1@tpu.ru*

### **Введение**

В связи с растущим беспокойством по поводу выбросов парниковых газов и изменения климата, значительное внимание уделяется процессам конверсии газов для получения полезных продуктов или очистки воздуха [8]. Передовые технологии конверсии газов стали ключевым подходом к решению проблемы загрязнения воздуха и улучшению энергоэффективности в процессах очистки. Результаты исследований в этой области могут быть применены в различных отраслях промышленности, таких как энергетика, химическая промышленность, металлургия и другие, что делает данную тему актуальной и востребованной [10].

Так, управление качеством воздуха для обеспечения безопасной среды обитания в условиях полной изоляции является одной из самых существенных проблем в функционировании систем жизнеобеспечения в космических кораблях или на подводных лодках. В сфере химической технологии поиск эффективных и устойчивых методов переработки газа также представляет собой важнейшее направление исследований. Целью работы является анализ существующих методов конверсии газа с акцентом на потенциал, который появляется благодаря интеграции подходов, основанных на плазме, которые позволят выработать новые варианты использования с учетом ее уникальных свойств.

На примере ряда разработанных способов очистки воздуха, а также конверсии углекислого газа с использованием плазменных технологий, были выделены преимущества каждого с учетом цели применения, энергоэффективности и специфики работы установок. Также был выделен способ, на основе которого будет создана математическая модель и проведены ряд экспериментов [6].

### **Описание алгоритма**

Методы конверсии газа основаны на процессах преобразования газообразных веществ в продукты, которые можно использовать в дальнейшем для переработки, утилизации, в качестве топлива или другого материала в производстве. Преобразование газа с помощью плазмы включает в себя ряд методов, в которых плазма используется как эффективный инструмент создания химических реакций. Одним из таких методов является плазменный риформинг, который включает преобразование углеводородных газов, таких как метан или природный газ, в ценные продукты, такие как водород, монооксид углерода и другие синтетические газы [5]. Плазменная конверсия CO<sub>2</sub> может быть достигнута несколькими путями, включая плазменно-каталитические реакции плазменный электролиз и плазменный фотокатализ. В этих процессах используется реактивная природа плазмы для расщепления молекул CO<sub>2</sub> и образования необходимых соединений, таких как монооксид углерода, метан или даже более ценные химические вещества, такие как метанол [4].

Рассмотрим способ разложения углекислого газа с помощью сверхвысокочастотного плазменного разряда. В таком способе предлагается технология утилизации газов путем разложения молекул в неравновесной плазме сверхвысокочастотного разряда [5]. Эта инновационная методология основана на распаде молекул CO<sub>2</sub> в неравновесном плазменном разряде, возникновение которого облегчается и поддерживается мощным излучением, испускаемым высокочастотным гиротроном. Экспериментальные испытания на стенде продемонстрировали высокую скорость разложения CO<sub>2</sub>, превышающую 30 %, в сочетании с энергоэффективностью примерно 10 %, что превосходит преобладающие мировые стандарты. Этот метод использует энергию электронов для разрушения молекул, позволяя процессу разложения разворачиваться при сравнительно более низких температурах газа [12].

В экспериментальном стенде с помощью гиротрона проводилось разложение углекислого газа. Для этого использовалось непрерывное сфокусированное микроволновое излучение мощностью до 5 кВт и на частоте 24 ГГц. Такой эксперимент проводился на двух кондициях: на потоке чистого углекислого газа, так и смеси углекислого газа с аргоном при атмосферном давлении. При таком СВЧ-нагревании образовалась неравновесная плазма, которая имела температуру электронов не менее 4000–8000 К и температуру газа на уровне 2000–3500 К. Как раз такие значения позволяют проводить разложение CO<sub>2</sub> при атмосферном давлении.

Основным преимуществом такого способа является высокая энергетическая эффективность, если сравнивать с традиционной термической диссоциацией, где газ и электроны должны быть одинаковых температур, через приведение к равновесным условиям. В данном случае инновационные гиротроны, разработанные в ИПФ РАН, позволяют корректно установить необходимые параметры плазмы. Именно гиротроны являются мощными источниками электромагнитного излучения сантиметрового и миллиметрового спектра длин волн [15].

Следующий способ использует принципы каталитического гидрирования углекислого газа с использованием плазмы до высших углеводородов, в которых происходит преобразование CO<sub>2</sub> в топливо и химические вещества через плазменно-каталитический процесс гидрирования CO<sub>2</sub> до углеводородов C<sub>2</sub><sup>+</sup> при низкой температуре и атмосферном давлении в реакторе с насадочным слоем диэлектрического барьерного разряда (DBD). Плазма без катализатора производит в основном CO (селективность более 80 %), тогда как CH<sub>4</sub> становится основным продуктом, когда плазма сочетается с Co-катализатором на носителе из оксида алюминия. При изменении конфигурации слоя катализатора в зоне плазменного разряда, можно селективно производить больше углеводородов C<sub>2</sub><sup>+</sup>. CO<sub>2</sub> 74 % достигается при работе при температуре печи 25 °C и плазме DBD мощностью 10 Вт. Обсуждаются возможная природа образования C<sub>2</sub><sup>+</sup> и значение конфигурации слоя катализатора.

На рис. 1, а показаны конверсия углекислого газа и селективность продукта при гидрировании при различных режимах работы, включая использование только катализатора, только плазму и плазменный катализатор, работающий при температуре печи 25 °C. Как и ожидалось, как кобальтовый катализатор (15Co), так и носитель из оксида алюминия термически неактивны при комнатной температуре. Сама по себе плазма инициирует гидрирование в мягких условиях с CO в качестве основного продукта (селективность более 80 %). Сочетание кобальтового катализатора (15Co) с плазмой существенно меняет распределение продуктов: селективность по метану существенно возрастает с 3 % до 45 %, а селективность по CO снижается до 38 %. Кроме того, образуется небольшое количество углеводородов C<sub>2</sub><sup>+</sup> (селективность около 3 %).

На рис. 1, б показано влияние повышения температуры печи до 250 °C на получение количества углеводородов C<sub>2</sub><sup>+</sup>. В условиях термической реакции на катализаторе 15Co конвертируется около 45 % CO<sub>2</sub>, причем основным продуктом является метан (селективность 83 %), а также следы углеводородов C<sub>2</sub><sup>+</sup> (<1 %). На катализаторе 15Co в плазме наблюдается значительное увеличение конверсии CO<sub>2</sub> (63 %) и селективности по метану (81 %). Что еще более важно, селективность по углеводородам C<sub>2</sub><sup>+</sup> увеличивается с 3 % до 7 % [13].

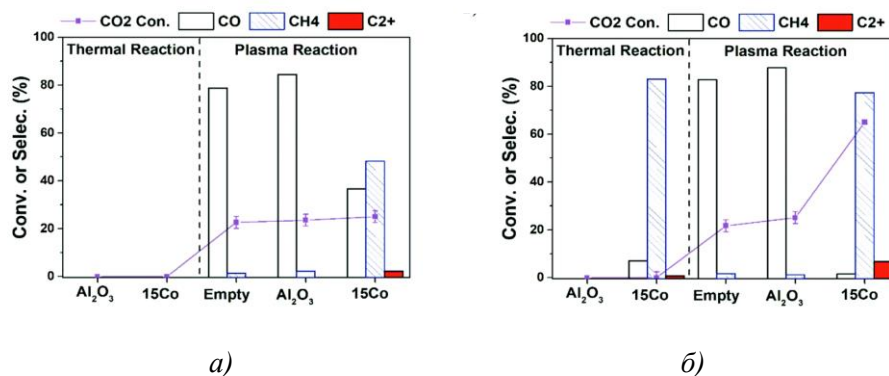


Рис. 1. Диаграмма конверсии и селективности в зависимости от типа реакции

В способе очистки воздуха с использованием барьерного разряда в воздухе неизолированные электроды (лопасти, установленные под тупым углом к потоку очищаемого воздуха) газоразрядной ячейки расположены между плоскими изолированными электродами. Они предназначены для отклонения потока очищаемого воздуха к поверхности изолированного электрода в зону образования барьерного разряда и снабжены шипами для образования неоднородностей электрического поля, необходимых для образования барьерного разряда между изолированными и изолированными электродами [20].

Во множестве существующих разработок существует проблема: наличие «мертвых зон» внутри газоразрядной ячейки, где не образуется разрядов в воздухе, которые являются обязательным условием его очистки от загрязнений.

В системах газоразрядной очистки воздуха применяются газоразрядные ячейки различной конструкции, в которых используются несколько видов электрического разряда в газах: барьерный, стримерный, коронный. При этом наиболее эффективным разрядом для очистки воздуха является барьерный разряд. Однако этот вид разряда имеет особенность: он распространяется на небольшую высоту (1-4 мм) над поверхностью изолированного электрода и не способен «перекрыть» собой большие пространства между электродами, необходимые для промышленной очистки воздуха. Для решения этой задачи предлагается использовать лопасти, установленные между изолированными электродами и направляющие поток очищаемого газа к поверхности изолированного электрода, на которой образуется барьерный разряд. Данные лопасти установлены под тупым углом к направлению потока воздуха. При этом стоит понимать, что углы близкие к 90 будут повышать аэродинамическое сопротивление газоразрядной ячейки и увеличивать энергозатраты на прокачку воздуха, а углы близкие к 180° не способны направить поток очищаемого воздуха в зону образования барьерного разряда. В частных вариантах исполнения заявленного технического решения, лопасти установлены примерно под углом 135° к потоку воздуха. Лопасти, установленные между изолированными электродами, должны быть снабжены шипами, необходимыми для создания неоднородностей электрического поля, требуемых для создания разрядов в воздухе при подаче высоковольтного напряжения питания на электроды газоразрядной ячейки.

Также описывается способ декарбонизации воздуха с помощью плазменного пиролиза. Рассматриваемая система основана на методе разложения углекислого газа при помощи плазменного пиролиза и предназначена для решения задач по декарбонизации воздушной смеси.

Для исследования процесса декарбонизации воздушной смеси был создан стенд, выполненный с использованием: ионизатора, инфракрасных датчиков CO<sub>2</sub>, ряда конструктивных элементов, а также средств автоматизации [9].



Рис. 2. Функциональная схема установки декарбонизации воздуха

Для рассмотрения эффективности процесса ионизации были проведены и проанализированы ряд экспериментов, которые проводились в одинаковых условиях и в некотором объеме, изолированном от внешней среды. В результате нами была получена математическая модель для расчета изменения концентрации углекислого газа при действии ионизатора в изолированном объеме. В качестве независимых параметров системы были выбраны: объем воздушной смеси (литр), скорость протекания воздушной смеси сквозь активную зону ионизатора (литр/мин), время (мин), концентрация углекислого газа (%), эффективность работы ионизатора (% конвертированного газа). Таким образом, была получена следующая зависимость, которая отражает изменение концентрации углекислого газа в составе воздушной смеси за единицу времени:

$$C_i = \frac{C_{i-1}(V-S) + C_{i-1}S(1-M)}{V},$$

где  $C_{i-1}$  – концентрация углекислого газа на предыдущем цикле итерации;  $V$  – объем воздушной смеси, литр;  $S$  – скорость протекания воздушной смеси, литр/мин;  $M$  – эффективность работы ионизатора,  $i$  – цикл итерации.

Результаты моделирования процесса на 20-минутном промежутке времени, а также результаты реальных измерений почти полностью идентичны, что подтверждает актуальность модели. Измерения проводились в диапазоне концентраций CO<sub>2</sub>, критичной для жизнедеятельности человека.

## Заключение

Технологии конверсии газа, особенно с использованием плазмы, обладают огромным потенциалом в различных областях: вредные загрязнители и летучие органические соединения могут быть эффективно отделены и преобразованы в менее токсичную форму, способствуя улучшению качества воздуха и здоровья человека. Кроме того, конверсия газа играет жизненно важную роль в процессах обезуглероживания, улавливания и преобразования парниковых газов в ценные продукты или их безопасного хранения, тем самым смягчая воздействие изменения климата.

Пиролиз может применяться для термического разложения органических материалов, что приводит к производству ценных продуктов, таких как биоуголь и синтетический газ. Это позволяет использовать отходы и ресурсы биомассы, повышая эффективность использования ресурсов и снижая зависимость от ископаемых видов топлива.

Кроме того, технологии конверсии газа способствуют переходу к возобновляемым источникам энергии путем преобразования таких газов, как метан, в синтетические газы, такие как водород и монооксид углерода, которые можно в дальнейшем использовать для производства энергии или в качестве сырья для химической промышленности. Это способствует более устойчивому и диверсифицированному энергетическому портфелю, снижая зависимость от традиционных ископаемых видов топлива.

После анализа более десятка способов, можно сделать вывод о том, что плазменные технологии будут расширенно применяться в дальнейшем для повышения энергоэффективности и показателей производства вторичных продуктов из углеводорода.

По ключевым преимуществам способов конверсии CO<sub>2</sub> можно выделить:

1. Проведение экспериментов на распад CO<sub>2</sub> не требует создания пониженного давления с помощью дорогостоящего вакуумного оборудования;
2. Оптимизация катализаторов, используемых с плазмой, позволяет увеличить показатели гидрирования CO<sub>2</sub> до высших углеводородов.

Для исследования системы управления будет создана математическая модель в программном комплексе Comsol Multiphysics с использованием модулей моделирования плазменных процессов.

#### **Список использованных источников**

1. Christine Dobslaw, Bernd Glocker. Plasma Technology and Its Relevance in Waste Air and Waste Gas Treatment. – 2020. – URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/21/8981>
2. Kotelev M., Gushin P., Nesterov E. & others. Plasma-chemical conversion of carbon dioxide to carbon monoxide. Bashkir Chemical Journal. – 2010. – № 3. – С. 175–178.
3. N. Salahudeen, A.A. Rasheed, A. Babalola, A.U. Moses. Review on technologies for conversion of natural gas to methanol. – 2022. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1875510022004310>
4. Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии: руководство для инженеров. – СПб: Изд-во Политехнического университета, 2008. – С. 406.
5. Леонов С.В., Жгута В.А., Сладков М. Разработка системы декарбонизации воздуха с применением технологии плазменного пиролиза. 2022. Энергетические системы. – 2022. – № 1. – С. 1-4.
6. Юрьева А.В., Ковальчук А.Н. Введение в плазменные технологии и водородную энергетику // Издательство Томского политехнического университета. – 2014. – С. 15–30.
7. D. Mansfeld, S. Sintsov, N. Chekmarev, A. Vodopyanov. Conversion of carbon dioxide in microwave plasma torch sustained by gyrotron radiation at frequency of 24 GHz at atmospheric pressure. 2020. – URL: <https://ipfran.ru/institute/news/2020-06-16-co2>
8. Jiajie Wang, Mohammad S. AlQahtani, Xiaoxing Wang, Sean D. Knecht, Sven G. Bilén, Chunshan Song and Wei Chu. One-step plasma-enabled catalytic carbon dioxide hydrogenation to higher hydrocarbons: significance of catalyst-bed configuration. – 2021. – URL: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/GC/D0GC03779F>
9. Стегленко А. Способ очистки воздуха с использованием барьерного разряда в воздухе. – 2018. – URL: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=8b31162ab8a8dad61bbbd52d65bc4fc1>
10. Зосимов А. Способ очистки углеводородсодержащего газа от серосодержащих соединений и установка для его осуществления. 2020. – URL: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=83756078b5969a71725ebf94036e968a>
11. Потгитер Деон Дж., Лофтин М. О. (Us), Станционе Т., Браун Дж. С. Устройство и способ индуцируемой микроволнами плазменной очистки генераторного газа. – 2014. – URL: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=56447dde5f8ba3ded81f70434a7aa8a>
12. Голиков Н. Установка плазменно-центробежной очистки воздуха. – 2019. – URL: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=ae754aa8a6eff8ebc681c4bc6f7e5473>



# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Калинкин Я.В.<sup>1</sup>, Зибзеев А.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО «ТомскНИПИнефть», Отдел АСУ ТП, Инженер 2 категории, e-mail: KalinkinYV@tomsknpi.ru

<sup>2</sup>АО «ТомскНИПИнефть», Экспертная группа, главный эксперт по цифровизации, e-mail: ZebzeevAG@tomsknpi.ru

## Введение

Ключевая актуальность темы заключается в развитии тенденции энергосбережения и сокращения капитальных затрат на добычу, транспортировку и хранение углеводородов с использованием насосных агрегатов (далее НА) центробежного типа. Развитие этих направлений позволит достичь стратегической цели ПАО «НК» РОСНЕФТЬ» по удвоению свободного денежного потока.

Конкретизируя актуальность для нефтеперекачивающей станции, можно сказать, что основной проблемой является экспертная оценка при выборе необходимых режимов работы насосных агрегатов. Такой подход редко является оптимальным при работе с динамически изменяющимися входными данными.

Процесс цифровизации позволит упростить принятие решения и обеспечить наиболее энергоэффективный режим для поддержания требуемых технологических показателей.

## Описание алгоритма

Для разработки алгоритма были использованы напорные характеристики НА. Графики напорных характеристик были оцифрованы при использовании встроенных средств программного пакета Matlab (рис. 1), после чего массивы данных использованы для составления семейства уравнений напорных характеристик для программного динамического расчета [3].

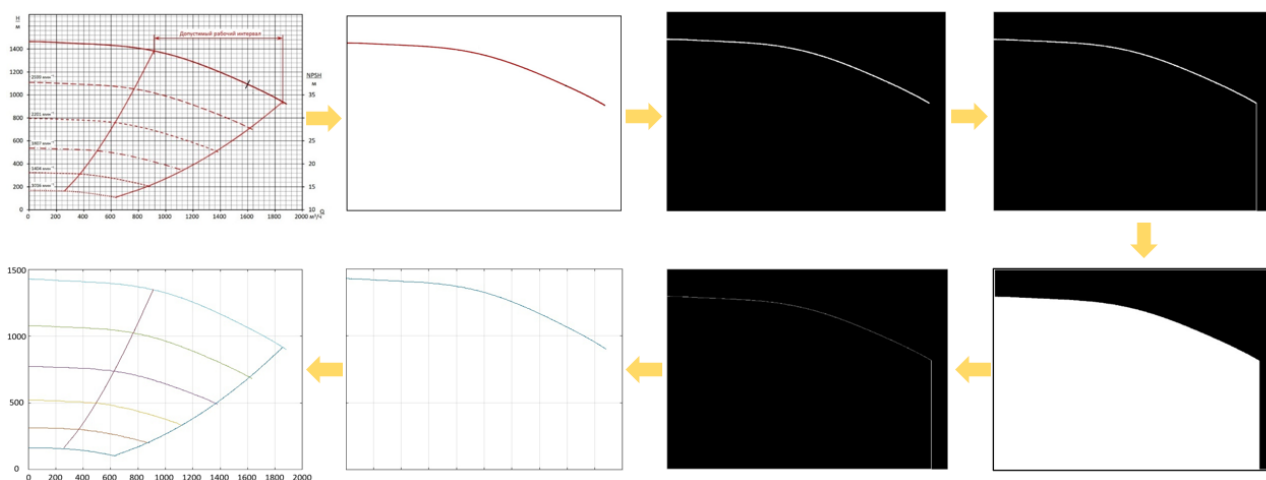


Рис. 1. Этапы оцифровки напорных характеристик в среде Matlab

Входными параметрами для алгоритма являются расход на входе НПС, давление приема НА, потери давления в сети, КПД насосных агрегатов, плотность и рабочие характеристики НА. В результате расчета алгоритма выходными данными являются количество агрегатов, частота вращения и мощность (рис. 2).

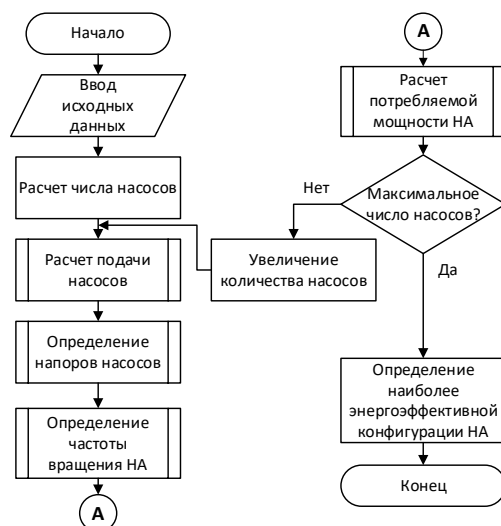


Рис. 2. Блок-схема алгоритма расчета количества и параметров работающих НА

Полученный алгоритм динамически реализован в среде SimInTech в целях тестирования.

При внедрении системы поддержки принятия решений (СППР) в интерфейс рабочей станции оператора возможна интеграция алгоритма в SCADA-клиент без использования стороннего программного обеспечения.

Для реализации системы поддержки принятия решений был разработан комплект видеок кадров мнемосхем. В качестве основы для системы было принято решение использовать клиент Simple-Scada. Посредством OPC-сервера Matrikon OPC Simulation Server SCADA-клиент соединен со средой моделирования SimInTech с ранее описанным динамически реализованным алгоритмом. Ниже представлены видеок кадры мнемосхем работы СППР в штатном режиме работы (рис. 3), а также в режиме работы «по запросу» (рис. 4). В штатном режиме работы СППР данные по оптимальном режиме и статус текущей конфигурации НА находятся в основной области формы и всегда видны оператору, в режиме «по запросу» оператору необходимо нажать функциональную кнопку, после чего на экран будет выведено окно с оптимальными параметрами работы НА.

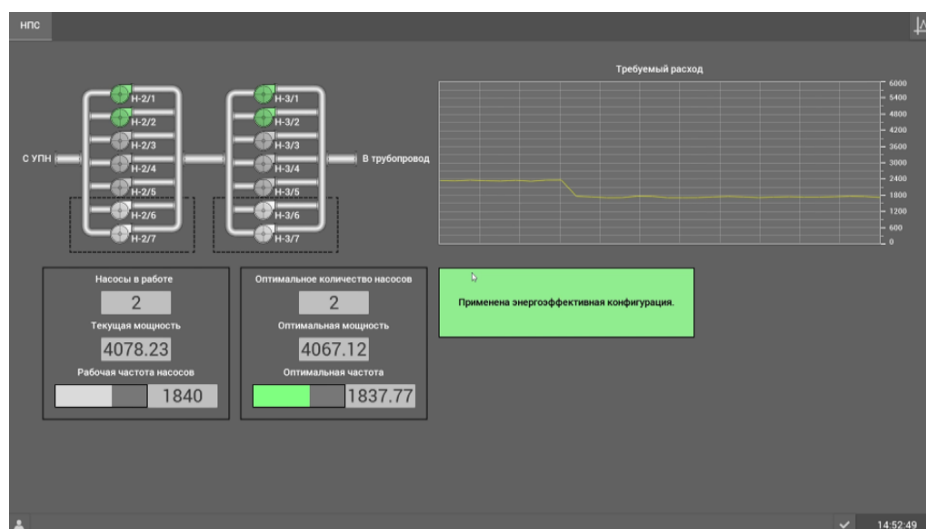


Рис. 3. Штатный режим работы СППР

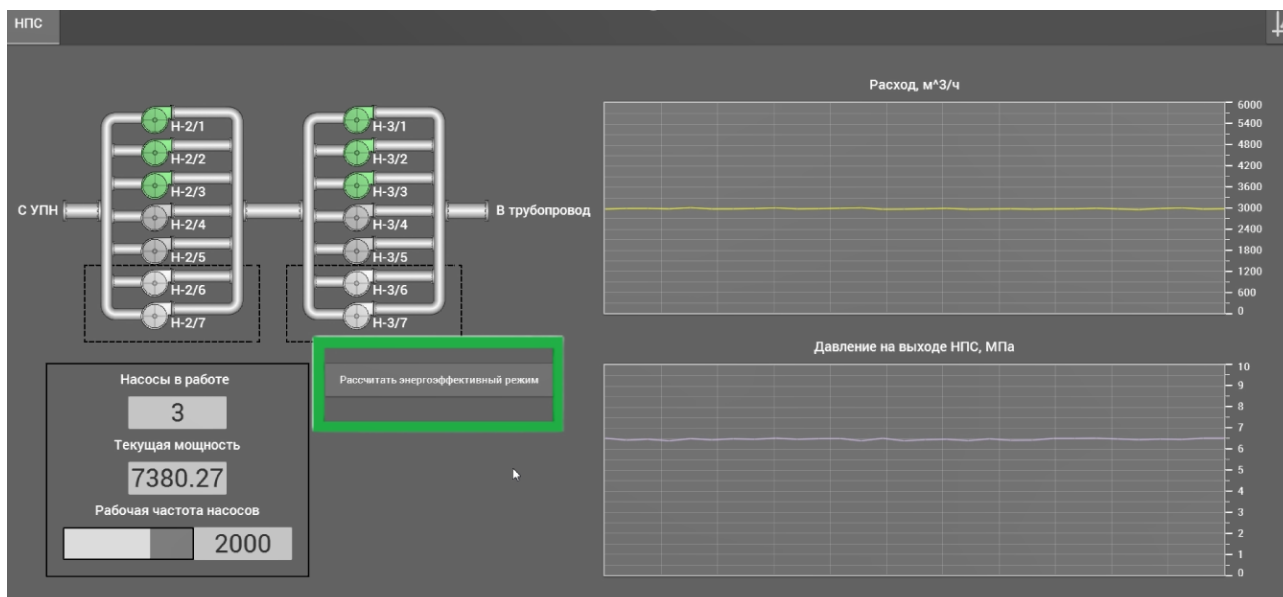


Рис. 4. Режим работы СППР «по запросу»

## Заключение

Таким образом, результатом работы являются алгоритм и СППР с высоким потенциалом распространения внутри компании. Уже сейчас метод возможно применять на всех технологических объектах поверхностной инфраструктуры нефтяных объектов разработки.

Оптимизация энергопотребления способна снизить затраты на транспортировку нефти и увеличить свободный денежный поток.

## Список использованных источников

1. Федеральный закон об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=433554> (дата обращения 16.04.23).
2. Соснова С. Три кита энергоэффективности насосов: обследование. оптимизация. мониторинг // СТО. Строительство Технологии Организация. – 2018. – Т.1. – № 58. – С. 48–51.
3. MathWorks. imread() [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/imread.html#btnczv9-1\\_seealso](https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/imread.html#btnczv9-1_seealso) (дата обращения 16.04.23).

# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

Канайкина К.А.<sup>1</sup>, Дмитриев А.Д.<sup>2</sup>, Чернова А.Д.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Оренбургский государственный университет, 23ЭЭ(м)АЭСК, [kanaikinakristina@yandex.ru](mailto:kanaikinakristina@yandex.ru)

<sup>2</sup> Оренбургский государственный университет, 23ЭЭ(м)АЭСК, [Artem.dmitriev.2000@outlook.com](mailto:Artem.dmitriev.2000@outlook.com):

<sup>3</sup> Оренбургский государственный университет, Институт энергетики, электроники и связи, доцент, [fiara@inbox.ru](mailto:fiara@inbox.ru)

## Введение

В целях планирования энергетической инфраструктуры необходимо применять долгосрочное прогнозирование электропотребления. Данный аспект отражен в Федеральном законе от 26 марта 2003 года № 35 «Об электроэнергетике».

Прогнозирование электропотребления позволяет энергетическим компаниям и государственным органам планировать развитие и модернизацию энергетической инфраструктуры на гораздо более длительный период времени, в результате чего представляется возможным оптимизировать строительство и развертывание новых электростанций и линий электропередач, учитывая ожидаемое увеличение потребления электроэнергии в будущем. В конечном счете, это помогает обеспечить надежность и устойчивость энергосистемы на долгосрочной основе.

Для прогнозирования электропотребления используется множество методов. Целью нашей работы является обзор существующих методов в области прогнозирования электропотребления.

## Обзор методов

Группа аналитических методов прогнозирования принимает во внимание изменения производных функции состояния. Эти методы основаны на выявлении взаимосвязей между объектом прогнозирования и факторами, влияющими на него, и позволяют построить математическую модель, выраженную системой уравнений. С помощью этой модели можно рассчитать прогнозные значения исследуемого явления, например, уровня нагрузки, при различных комбинациях факторов прогнозного фона [1].

К группе аналитических методов прогнозирования относятся методы производных, суммирования, операторный метод и другие [1]. Они определяют функцию состояния с учетом зависимостей между переменными и их производными. Путем анализа этих зависимостей и использования математических методов, можно предсказать значения исследуемого показателя в будущем.

Таким образом, аналитические методы прогнозирования позволяют учесть более сложные взаимосвязи и изменения в функции состояния при построении прогнозов. Это помогает получить более точные прогнозы и более гибко анализировать влияние факторов на объект прогнозирования. Среди недостатков рассмотренного метода можно выделить его высокую трудоемкость и сложность вычислений, связанные с необходимостью выбора и вычисления аналитических выражений для каждого параметра по отдельности. Кроме того, методы аналитического прогнозирования могут быть неточными при неправильном выборе модели и требуют выполнения большого объема вычислений, что делает их практически неприменимыми для прогнозирования нагрузки в распределительных сетях из-за больших размерностей математических моделей.

Следующей группой выступают статистические методы, основанные на анализе и использовании статистических показателей и временных рядов. Эти методы позволяют выявить закономерности и тенденции потребления электроэнергии на основе исторических данных и использовать их для прогнозирования будущих значений. Статистические методы прогнозирования обычно могут точно предсказывать суточный график нагрузки в обычные дни, но имеют ограничения в анализе нагрузки в праздничные или другие особые дни ввиду их негибкой структуры [6].

Данная группа методов включает в себя множественную линейную и нелинейную регрессию, а также методы, построенные на основе авторегрессионных моделей с линейным и экспоненциальным сглаживанием. Статистический метод нашел применение во многих работах [7].

Рассмотрим подробнее регрессионный метод. Основной целью анализа на основе регрессионного метода является выявление зависимости случайной величины  $Y$  от независимых переменных  $x_j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ). Регрессионные методы позволяют учитывать множество внешних факторов, включая метеорологические параметры и производственные факторы, что дает им преимущество перед методами, основанными на экстраполяции скользящих средних. Кроме того, применение таких методов

позволяет предсказывать значения зависимой переменной на основе значений независимых переменных, при условии их некоррелированности и отсутствия мультиколлинеарности. К преимуществам данного метода можно отнести простоту применения, а к недостаткам подверженность непредсказуемости параметров, влияющих на фактические значения. Если в ретроспективных данных возникают резкие изменения, это может привести к нарушению достоверности прогноза [3].

Другим методом прогнозирования являются авторегрессионный метод (AR англ. autoregressive model). В этих моделях предполагается, что текущее значение ряда зависит от предыдущих значений этого же ряда и вероятности ошибки. Одним из основных преимуществ AR моделей является их способность улавливать автокорреляцию в данных. Стоит отметить, что с помощью AR-моделей можно моделировать сезонность [4]. Такие модели обозначают SAR (Seasonal AR). Однако AR модели также имеют свои недостатки, проявляющиеся в низкой адаптивности.

Одним из альтернативных методов является авторегрессионный метод со скользящим средним. Авторегрессионная интегрированная скользящая средняя модель (ARIMA) – это статистическая модель, которая учитывает автокорреляцию и сезонность во временном ряде. Она состоит из трех основных компонентов: авторегрессионной (AR), интегрированной (I) и скользящей средней (MA). ARIMA модель позволяет прогнозировать будущие значения электропотребления на основе предыдущих значений и различных параметров модели. AR часть модели отражает зависимость текущего значения ряда от предыдущих значений, MA часть модели учитывает ошибку в предсказании и зависит от предыдущих значений, (I) часть модели осуществляет интегрирование (разность между текущим значением ряда и предыдущим значением). К преимуществам данного метода можно отнести большую научную обоснованность этой модели, что делает ее наиболее надежной моделью в области прогнозирования, к недостаткам же относят низкую адаптивность, наличие большого объема входных данных, необходимость переоценки и значительные временные-ресурсные затраты [5].

Применяются и авторегрессионные методы с экспоненциальным сглаживанием, также известные как методы экспоненциального сглаживания, широко используемые для анализа и прогнозирования временных рядов. С помощью этих методов учитывается влияние предыдущих значений ряда на текущее значение, придавая большую значимость актуальным значениям.

Основная идея авторегрессионных методов с экспоненциальным сглаживанием заключается в использовании взвешенного сглаженного среднего, где значения экспоненциально убывают с течением времени. Это позволяет моделировать и отслеживать тренды и сезонность в данных.

Достоинства этого метода включают в себя простоту в использовании и интерпретации метода, а также способность адаптироваться к изменяющимся трендам и сезонности в данных. Наиболее популярен данный метод для долгосрочного прогнозирования. Недостатками является неиспользование прогнозирующих полиномов низкого порядка, недостаточную адаптивность к сильным аномалиям в рядах.

Сильное воздействие случайных внутренних и внешних факторов объясняют необходимость применения вероятностных методов. Среди методов вероятностного прогнозирования можно выделить методы статистического градиента, критерия Байеса, фильтрации, гипотез и другие. В целях обеспечения непрерывного прогнозирования применяются различные фильтры: фильтр Винера-Хопфа для прогнозирования стационарных процессов и фильтр Калмана для прогнозирования нестационарных процессов. Исследования показали, что использование некоторых вероятностных моделей вместе со статистическими оказывается более эффективным, чем просто применение статистических моделей. Так, применение фильтрации Калмана совместно с экспоненциальным сглаживанием приводит к существенному улучшению точности прогнозов. [6] Достоинствами данного метода является учет вероятности и адаптивность модели, недостатками являются сложность вычислений и интерпретации.

Кроме все вышеперечисленных методов, нельзя не упомянуть интеллектуальные методы прогнозирования электропотребления. Методы прогнозирования электропотребления с применением нейронных сетей являются популярным подходом в анализе временных рядов. Нейронные сети способны извлекать сложные нелинейные зависимости из данных и обучаться на основе имеющихся образцов для создания прогнозов.

Нейронные сети состоят из множества нейронов в разных слоях (входном, скрытом и выходном), и они взаимодействуют друг с другом через синапсы. Рис. 1 иллюстрирует формальную модель нейрона, включающую входные элементы  $X_1..X_n$ , синапсы  $W_1..W_n$ , нейрон с функцией  $S$  и выход  $Y$ . Нейрон формирует выходной сигнал  $S$ , основываясь на входных сигналах  $X_1..X_n$ . Для того чтобы сформировать прогноз, нейронная сеть должна быть обучена. Обучение нейронной сети включает

настройку весов синапсов таким образом, чтобы ее выходной сигнал  $Y$  наиболее соответствовал фактическому значению. Данный метод рассматривают, например, в своей работе Shintaro Ikeda, Tatsuo Nagai [8].

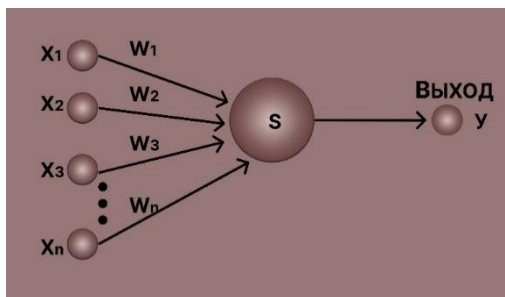


Рис. 1. Модель нейрона

Одним из главных преимуществ применения нейронных сетей является их способность обрабатывать сложные, нелинейные и многофакторные зависимости в данных. Однако есть и некоторые ограничения при использовании нейронных сетей для прогнозирования электропотребления. Они включают в себя необходимость большого объема данных для обучения и потребность в сложных вычислениях. Кроме того, интерпретация результатов может быть сложной, так как нейронные сети характеризуются непрозрачностью моделирования. Проведенный анализ представлен в таблице 1.

Таблица 1

*Достоинства и недостатки различных методов прогнозирования электропотребления*

	Метод прогнозирования	Достоинства	Недостатки
1	Аналитические методы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая точность прогнозирования.</li> <li>2. Гибкость анализа влияющих факторов</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая трудоемкость и сложность вычислений</li> <li>2. Ошибочный результат при неправильном подборе модели</li> </ol>
<i>Статистические методы</i>			
2	Регрессионный метод	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Простота применения</li> <li>2. Учет множества внешних факторов</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подверженность непредсказуемости параметров</li> </ol>
3	Авторегрессионный метод	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способность улавливать автокорреляцию в данных</li> <li>2. Возможность моделирования сезонности</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкая адаптивность</li> </ol>
4	Авторегрессионный метод со скользящим средним	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Большая научная обоснованность</li> <li>2. Наиболее надежная модель</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкая адаптивность</li> <li>2. Большой объем входных данных</li> <li>3. Необходимость переоценки</li> <li>4. Значительные временные и ресурсные затраты</li> </ol>
5	Авторегрессионные методы с экспоненциальным сглаживанием	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Возможность моделирования сезонности</li> <li>2. Простота использования и интерпретации</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Невозможность использования полиномов низкой степени</li> <li>2. Низкая адаптивность к сильным аномалиям в рядах</li> </ol>
6	Вероятностные методы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Учет вероятности</li> <li>2. Адаптивность модели</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сложность вычислений и интерпретации</li> </ol>
7	Интеллектуальные (нейросетевые) методы прогнозирования электропотребления	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Взаимодействие со сложными нелинейными зависимостями</li> <li>2. Адаптивность</li> <li>3. Обработка большого объема данных</li> <li>4. Высокая точность</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сложная интерпретация</li> <li>2. Сложность обучения нейросети и оптимизации</li> </ol>

## Заключение

В целом, из проведенного анализа можно сделать вывод, что наиболее перспективным и целесообразным является метод прогнозирования электропотребления с применением нейронных сетей, поскольку он представляет собой мощный и гибкий подход, который может учесть сложные зависимости в данных для предсказания будущих значений. Они могут быть особенно полезны в случаях, когда требуется учесть нелинейные взаимосвязи между различными факторами.

## Список использованных источников

1. Современные научные исследования и инновации. 2012. № 9 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2012/09/16877> (дата обращения: 20.10.2023).
2. Мызин А.П. Методы и модели прогнозирования для развития электроэнергетических систем в условиях неопределённости и многокритериальности [Текст]: Дис. докт. техн. наук / А.П. Мызин. – Новосибирск, 1994. – 307 с.
3. Грицай А.С. Гибридный метод краткосрочного прогнозирования потребления электрической энергии для энергосбытового предприятия с учетом метеофакторов: дис. канд. техн. наук: 05.09.03. - Омск, 2017. - 153 с.
4. Taylor J.W. Triple seasonal methods for short-term electricity demand forecasting // European Journal of Operational Research. – 2010. – Vol. 204, №.1. – P. 139–152.
5. Преимущества и недостатки моделей ARIMA // studme.org URL: [https://studme.org/41020/ekonomika/preimuschestva\\_nedostatki\\_modeley\\_arima](https://studme.org/41020/ekonomika/preimuschestva_nedostatki_modeley_arima) (дата обращения: 20.10.2023).
6. Галустов Г.Г. Статистические прогнозные математические модели: учебн. пособие. / Г.Г. Галустов, С.П. Бровченко, С.Н. Мелешкин. – Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2011.
7. Приходько В.М., Ивлев, М. Л., Приходько, И. В. (2012). Методика прогнозирования электропотребления судоремонтного предприятия. Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, (1 (13)), 67–73.
8. Shintaro I., Tatsuo N. A novel optimization method combining metaheuristics and machine learning for daily optimal operations in building energy and storage systems // Applied Energy. – 2021. – V. 289. – P. 116716.

# ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ С ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ

Карки А.<sup>1</sup>, Леонов С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Томский политехнический университет, ОИС ИШИТР, гр. 6ВМ31ПИШ, e-mail: aleksandr11@tpu.ru

<sup>2</sup> Томский политехнический университет, ОИС ИШИТР, доцент, e-mail: leonov@tpu.ru

## Введение

Процессы с экспоненциальной зависимостью одной величины от другой встречаются как в природе, так и в технике. Многие процессы в химии также развиваются по экспоненциальному закону. Поэтому важно уметь управлять этими процессами с приемлемым качеством управления. Целью работы было повышение качества регулирования процессов с экспоненциальной зависимостью. Задачи: изучить модель системы и найти способ улучшить качество регулирования.

## Описание системы

В качестве процесса с экспоненциальной зависимостью использована модель управления шаровым краном. Регулируемой величиной является расход жидкости, изменение расхода происходит через перемещение затвора регулирующей арматуры.

Зависимость расхода от угла поворота затвора шарового крана возможно найти опытным путём. Конструкция шаровых кранов любого диаметра одинаковая, поэтому зависимость в относительных единицах для всех кранов одна. На рис. 1 показана пропускная характеристика крана диаметром 150 мм [1] и результат аппроксимации.

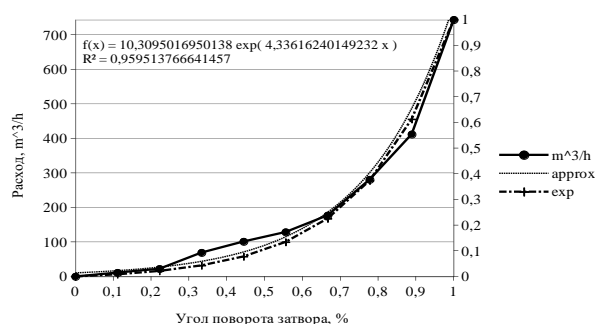


Рис. 1. Пропускная характеристика для крана DN150

Нормализованная аппроксимация пропускной характеристики шарового крана на модели представлена блоком «angle\_to\_flow» и выражается формулой

$$Kv(x) = \frac{e^{4,336x} - 1}{e^{4,336} - 1}, \quad (1)$$

где  $x$  – нормализованный угол поворота затвора шарового крана.

Для компенсации нелинейности при регулировании выразим  $x$  из (1) – на модели функция представлена блоком «flow\_to\_angle»:

$$\alpha(y) = \frac{\ln((e^{4,336} - 1) \cdot y + 1)}{4,336}, \quad (2)$$

где  $y$  – нормализованный расход.

## Моделирование

Для демонстрации эффективности подхода были составлены две модели в пакете Simulink. Одна модель с И-регулятором и компенсирующим нелинейность блоком «flow\_to\_angle» – представлена на рис. 2 (параметр регулятора: И – 0,05112652115087). Другая модель без блока «flow\_to\_angle» использует ИД-регулятор (параметры: Д – 0,025560084022912, И – 0,050438160534976). На рис. 3 представлена модель управления шаровым краном по положению – блок «motor\_and\_valve» (значения регулятора: П – 37,100595712666625, Д – 0,00558276796328). Графики переходных процессов представлены



на рис. 4, из них видно, что обе модели выходят на уставку и справляются с возмущением, модель без блока «flow\_to\_angle» выходит на уставку быстрее.

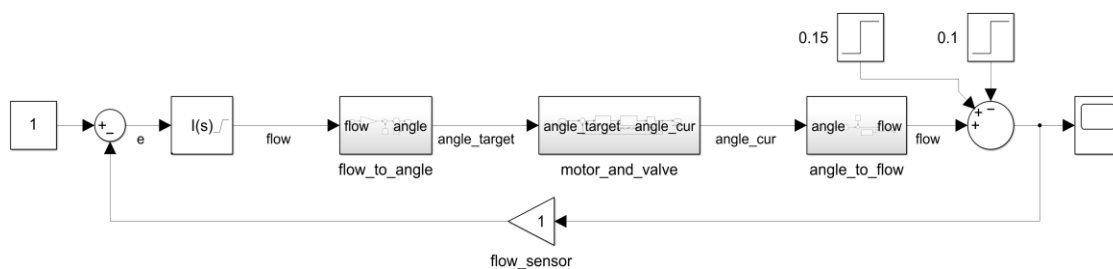


Рис. 2. Модель системы в Simulink

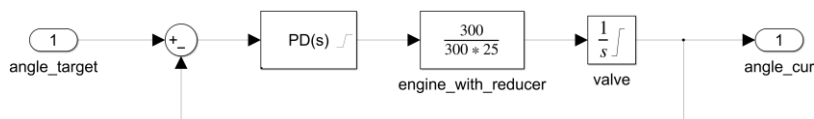
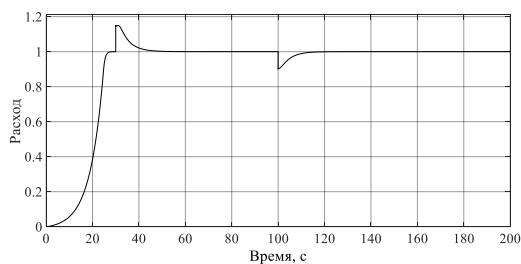
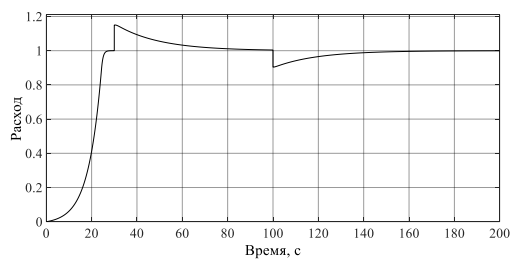


Рис. 3. Модель блока «motor and valve»

Отличия более значительные при выходе на уставку в диапазоне от 0,1 до 0,5. На рис. 5 представлены графики переходных процессов для уставки 0,1. Так как регуляторы настроены на уставку 1,0, при которой максимальная скорость изменения расхода от поворота затвора, для выхода на уставку 0,1 воздействие слишком слабое и система без компенсации не успевает достиг уставки за 200 секунд.

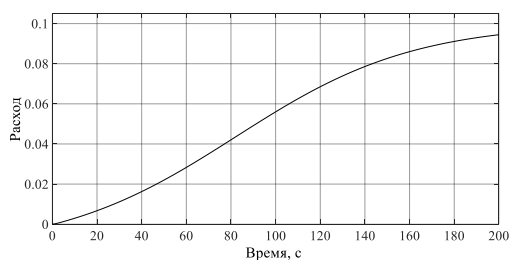


а – для модели без блока «flow\_to\_angle»

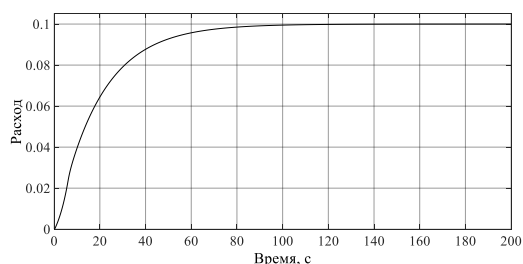


б – для модели с блоком «flow\_to\_angle»

Рис. 4. Результаты моделирования



а – для модели без блока «flow\_to\_angle»



б – для модели с блоком «flow\_to\_angle»

Рис. 5. Графики переходных процессов при уставке 0,1

## Заключение

Скорость переходного процесса для малых уставок была улучшена добавлением в модель одного блока с формулой. Дальнейшие исследования могут быть направлены на ускорение переходного процесса при уменьшении уставки и на учёт степени открытости клапана.

## Список использованных источников

1. Краны шаровые запорно-регулирующие. — Текст : электронный // Каталог ПТПА : [сайт]. — URL: [https://ptpa.nt-rt.ru/images/manuals/Краны\\_шаровые\\_запорно-регулирующие\\_техническая\\_информация.pdf](https://ptpa.nt-rt.ru/images/manuals/Краны_шаровые_запорно-регулирующие_техническая_информация.pdf) (дата обращения: 24.09.2023).

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗДОРОВЬЯ

*Лапина Е.В.<sup>1</sup>, Марухина О.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, студент гр. 8ПМ22 ОИТ ИШИТР, e-mail: evz19@tpu.ru

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, к.т.н., доцент ОИТ ИШИТР, e-mail: marukhina@tpu.ru

### **Введение**

В современном мире здоровье становится все более приоритетной сферой для многих людей. С ростом интереса к собственному благополучию и поддержанию здорового образа жизни возникает необходимость в инструментах, способных облегчить контроль за состоянием организма и предоставить информацию о медицинских препаратах и процедурах [1]. В этом контексте разработка мобильного приложения для контроля здоровья представляет собой актуальную и перспективную область исследования.

Цифровизация в медицине и здравоохранении делает медицинские услуги более привычными. Многие специалисты уже удостоверились в эффективности делегирования управления здоровьем сервисам [2].

Целью научно-исследовательской работы является разработка Android-приложения, которое позволит пользователям вести отчет о принятых лекарствах, беспокоящих симптомах, а также отслеживать записи на прием к врачу, обследования и вакцинации. Кроме того, приложение будет предоставлять доступ к справочнику лекарств, где пользователи смогут находить информацию как по названию медицинских препаратов, так и по симптомам, что поможет им принимать более осознанные решения о своем здоровье.

### **Конкурентный анализ**

Для определения минимального функционала приложения был проведен конкурентный анализ для выявления общих нужд рынка, существующих аналогичных систем и пробелов в функционале, которые можно заполнить разработкой приложения.

В настоящее время существует достаточно большое количество приложений, которые помогают лучше следить за своим здоровьем. Уже некоторое время пользуются популярностью приложения, которые позволяют вести дневник здоровья [3]. Так, например, приложение «Соотнесите – дневник симптомов и привычки Tracker» позволяет вести трекер симптомов. Также есть множество программ, напоминающих и отслеживающих прием лекарств. Одно из таких – «Medisafe»: здесь можно зафиксировать прием какого-либо препарата или же установить расписание для напоминаний. «Справочник лекарств» – мобильный справочник лекарственных средств, который позволяет искать лекарства по наименованию и отображает основную информацию из инструкции данного средства. Вышеперечисленные программы схожи с данным проектом, но для использования всех этих функций необходимо иметь на своем телефоне не одно приложение.

Таким образом, проанализировав рынок мобильных приложений, было принято решение о создании Android-приложения, включающего в себя сразу нескольких функций. Это позволит данному продукту быть не только конкурентоспособным на рынке, но и быть действительно полезным приложением для конечных пользователей благодаря комплексному подходу.

### **Инструменты разработки**

Для разработки дизайна мобильного приложения будет использован онлайн-сервис Figma. Figma – один из самых популярных и удобных кроссплатформенных графических редакторов для совместной работы. В ней можно создавать: макеты сайтов, приложений и кликабельные прототипы с анимацией отдельных элементов интерфейса: иконки, кнопки, формы и многое другое [4].

Для реализации клиентской части приложения был выбран Kotlin, т.к. он является официальным языком для разработки Android. Также Kotlin является более легкой отправной точкой для начинающих и очень удобен в плане разработки интерфейса [5].

Для разработки приложения на языке Kotlin будет использоваться интегрированная среда разработки (IDE) Android Studio. Android Studio обладает всеми необходимыми инструментами для разработки, отладки и тестирования мобильных приложений под платформу Android [6].

Помимо прочего, для реализации раздела «Справочник» была найдена тестовая версия базы данных Видаль, содержащая информацию о лекарственных препаратах, зарегистрированных на территории Российской Федерации [7]. Впоследствии эти данные будут обработаны в соответствии с нуждами проекта.

## Разработка дизайна

В данном разделе описан процесс разработки дизайна приложения для контроля здоровья с использованием инструмента Figma. Разработка дизайна осуществлялась с целью создания пользовательского интерфейса, который будет интуитивно понятным и удобным для пользователей.

Процесс разработки дизайна включал следующие шаги:

1. Исследование и анализ:
  - a. Изучение существующих дизайн-тенденций и принципов.
  - b. Анализ аналогичных медицинских приложений.
  - c. Определение требований пользователей.
2. Создание концепции:
  - a. Разработка общей концепции дизайна.
  - b. Определение стиля, цветовой гаммы и типографики, которые соответствуют медицинской тематике и обеспечивают читаемость и привлекательность интерфейса.
  - c. Поиск иконок и отрисовка ключевых картинок профиля, подходящих по концепции дизайна.
3. Проектирование экранов:
  - a. Создание макетов пользовательского интерфейса, включая расположение элементов управления, визуальное представление данных, переходы между экранами и другие важные детали.
  - b. Создание кликабельного дизайна, путем назначения элементам интерфейса необходимых действий или перехода между экранами.

В результате работы по описанному процессу был разработан дизайн мобильного приложения в Figma. На рис. 1 представлен скриншот из программы, содержащий все разделы системы.

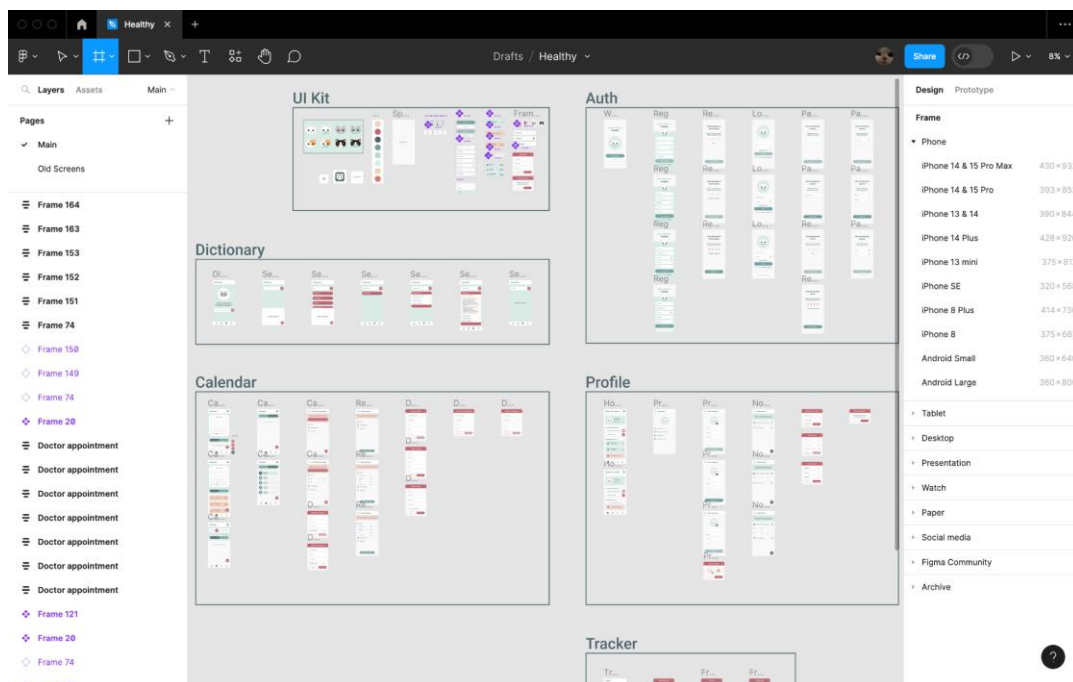


Рис. 1. Дизайн приложения в Figma

## Разработка приложения

Процесс разработки клиентской части приложения включает следующие этапы:

1. Анализ требований и функциональности:
  - a. Изучение требований и функциональных возможностей приложения для контроля здоровья.
  - b. Определение структуры и функциональности клиентской части.

## 2. Создание экранов пользовательского интерфейса:

а. Разработка экраны, включающие различные элементы интерфейса, такие как кнопки, текстовые поля, списки и другие. На рис. 2 представлен скриншот из IDE Android Studio при редактировании фрагмента настроек профиля.

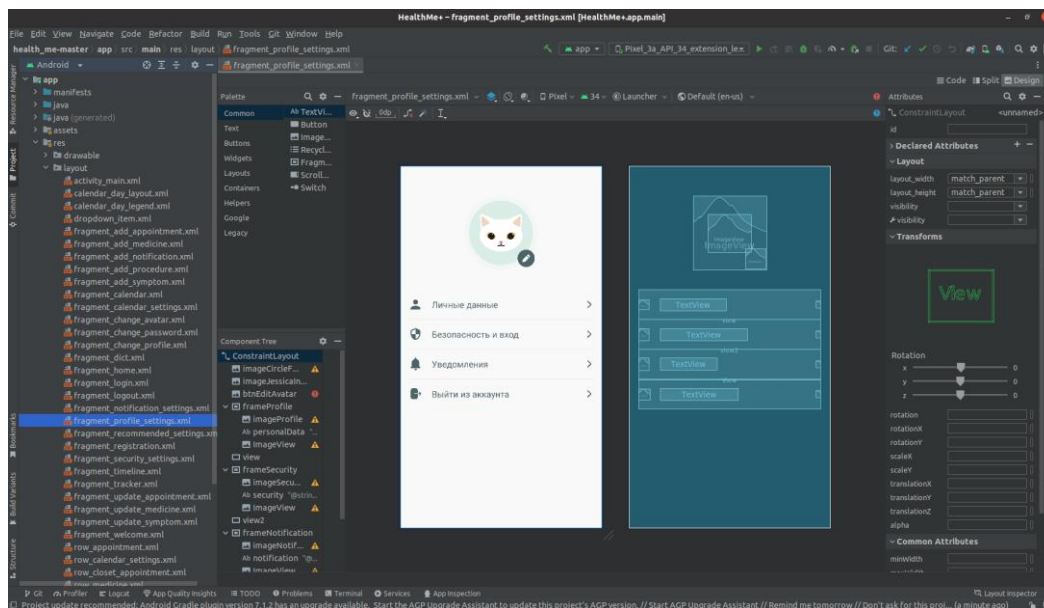


Рис. 2. Редактирование экрана в Android Studio

## 3. Логика взаимодействия между экранами:

а. Реализация логики, которая обеспечивает взаимодействие между экранами. Это включает переходы между экранами, передачу данных между ними и обработку пользовательских действий.

## 4. Тестирование и отладка:

а. Тестирование и отладка разработанного функционала для обнаружения и исправления ошибок. Тестирование приложения проводилось в ручном формате как с использованием эмулятора, так и с использованием смартфона на ОС Android.

## Заключение

Работа посвящена разработке Android-приложения для контроля здоровья человека. Пользователи приложения могут вести отчёт о принятых лекарствах или беспокоящих симптомах, отслеживать записи на приём к врачу, обследование или вакцинацию, а также искать в справочнике лекарства как по названию медицинских препаратов, так и по симптомам.

Использование данного мобильного приложения актуально в наши дни, когда смартфоны есть почти у каждого человека. Мобильное приложение постоянно будет под рукой, давая возможность сразу записать все возникшие симптомы и посмотреть название лекарств, которые могут помочь справиться с ними. А также благодаря дневнику симптомов из приложения можно быстро и легко вспомнить все недуги и рассказать о них медицинскому работнику при осмотре.

Работа по разработке мобильного приложения для контроля здоровья имеет большую практическую значимость и может быть полезной для пользователей, желающих эффективно контролировать свое здоровье и упростить взаимодействие с медицинской информацией.

## Список использованных источников

1. Карлин Д.А., Багрецов С.Ф. Популяризация здорового образа жизни среди молодежи // Материалы XIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2021/article/2018025501> (дата обращения: 01.11.2023).
2. Цифровизация сделает здравоохранение эффективным. [Электронный ресурс]. – URL: <https://plus.rbc.ru/news/5f6e921e7a8aa9bebb4f7e6b> (дата обращения: 01.11.2023).
3. Карта рынка цифрового здравоохранения. [Электронный ресурс]. – URL: <https://evercare.ru/telemed-map> (дата обращения: 01.11.2023).

4. Хвостенко Т.М., Велисар Д.С. Figma – перспективный инструмент современного веб-дизайнера // Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии. — 2019.
5. Как выбрать язык программирования для создания Андроид — приложения // Хабр: [сайт]. – 2019. – URL: <https://habr.com/ru/articles/477578/> (дата обращения: 01.11.2023).
6. Android Studio // Android Developers: [сайт]. – 2023. – URL: <https://developer.android.com/studio> (дата обращения: 01.11.2023).
7. База данных видаль для разработчиков // VIDAL: [сайт]. – 2020. – URL: <https://www.vidal.ru/services/bd-vidal> (дата обращения: 01.11.2023).

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОБАЙКА

Михайлович М.А.<sup>1</sup>, Леонов С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИИЭС, 6ВМЗ1ПИШ,  
e-mail: rapirok2008ya@gmail.com

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИТР, доцент,  
e-mail: leonov@tpu.ru

## Введение

В настоящее время резкий рост в развитии, получила область робототехники. Это связано с тем, что роботы могут заменить человеческий труд в разных отраслях промышленности, а также непосредственно повышают качество человека.

Цель данной работы: моделирование системы управления, роботизированного электробайка. Данная система управления необходима для того, чтобы удерживать электробайк в состоянии равновесия. Это позволяет понять поведение модели управления при работе на полезную нагрузку (электробайк) [1]. Моделирование будем производить в программном комплексе MATLAB Simulink.

Результатом моделирования стала модель управления, которая позволяет учитывать параметры ведущего и ведомого звена.

## Описание алгоритма

Для того, чтобы составить модель управления нужно знать расчетные параметры и коэффициенты ведущего звена. В качестве такого звена будем использовать двигатель постоянного тока марки Faulhaber DC Coreless Motor со следующими техническими характеристиками представленные в таблице 1:

Таблица 1

Технические характеристики двигателя

Обозначение, ед.изм	Наименование	Значение
$U_{НОМ}$ , В	Номинальное напряжение	12
$n_1$ , об/мин	Частота оборотов в ХХ двигателя	8100
$n_2$ , об/мин	Частота оборотов в ХХ на валу редуктора	120
$n$	Передаточное число редуктора	64/1
$P_{НОМ}$ , Вт	Номинальная мощность	17
$I_{НОМ}$ , мА	Номинальный ток	1400
$M_{НОМ2}$ , Н*м	Номинальный момент на валу редуктора	1,72
$r$ , мм	Радиус вала двигателя	6
$m$ , гр	Масса вала двигателя	100
$\eta$ , %	Коэффициент полезного действия	64



Рис.1. Faulhaber DC Coreless Motor

Далее необходимо определить значения параметров некоторых параметров двигателя и различных коэффициентов [2].

Рассчитаем постоянную времени электромагнитного звена:

$$T_{ЭМ} = \frac{L_{Я}}{R_{Я}} = \frac{0,00033}{1,54} = 0,000214 \text{ с},$$

где  $T_{ЭМ}$  – электромагнитная постоянная времени, с;  $L_{Я}$  – индукция обмотки якоря, мГн;  $R_{Я}$  – активное сопротивление обмотки якоря, Ом.

Найдём коэффициент ЭДС:

$$C_e = \frac{U_H - I_H \cdot R_{Я}}{\omega_H} = \frac{12 - 1,4 - 1,54}{634,39} = 0,01428,$$

где  $C_e$  – коэффициент ЭДС;  $U_H$  – номинальное напряжение, В;  $I_H$  – номинальный ток, А;  $\omega_H$  – угловая скорость вращения, рад/с;

Далее рассчитаем постоянную времени механического звена:

$$T_M = \frac{J_{ДВ} \cdot R_{Я}}{C_e \cdot k_M} = \frac{(1,8 \cdot 10^{-6}) \cdot 1,54}{0,01428 \cdot 0,0121} = 0,01477 \text{ с},$$

где  $T_M$  – механическая постоянная времени, с;  $J_{ДВ}$  – момент инерции двигателя, кг\*м<sup>2</sup>;  $k_M$  – коэффициент момента.

Полученные данные могут использоваться для построения модели в Simulink. Начальное положение нашего электробайка сделаем равным 0. Далее в модели идут звенья, описывающие работу двигателя постоянного тока с обратной связью. Также же управлением скоростью вращения двигателем используем ПИД-регулятор со следующим законом регулирования [3]:

$$P + I \cdot \frac{1}{s} + D \cdot \left( \frac{N}{1 + N \cdot \frac{1}{s}} \right),$$

где P - пропорциональная составляющая, принимаем 52; I - интегральная составляющая, принимаем 85; D - дифференцирующая составляющая, принимаем 11; N – коэффициент фильтра, принимаем 100.

Также присутствует звено, учитывающее передаточное число редуктора 1/64 и звено имитирующее возрастание тока в двигателе.

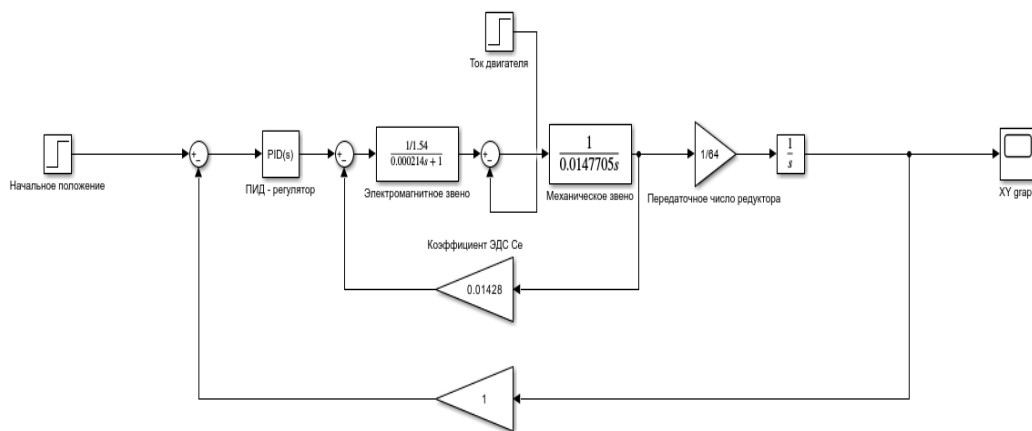


Рис. 2. Модель системы управления роботизированным электробайком

На графике (рис.3) можно увидеть апериодический переходный процесс, он показывает, что наш электробайк был выведен из состояния равновесия неким возмущающим воздействием и спустя доли секунды вернулся в исходное состояние, т.е вошел в установившийся режим. Данная система идеализирована, она не имеет внешних возмущающих воздействий окружающей среды.

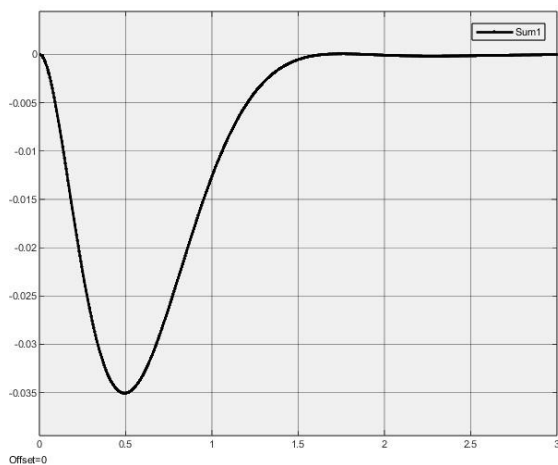


Рис. 3. График переходного процесса

Далее добавим в нашу модель те элементы, которые будут имитировать внешнее возмущающее воздействие на наш электробайк.

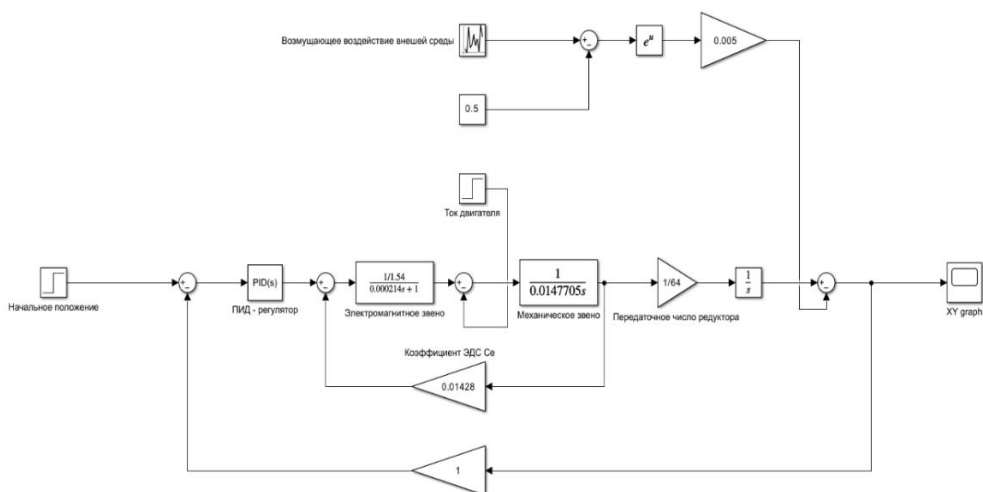


Рис. 4. Модель системы управления приближенная к реальности

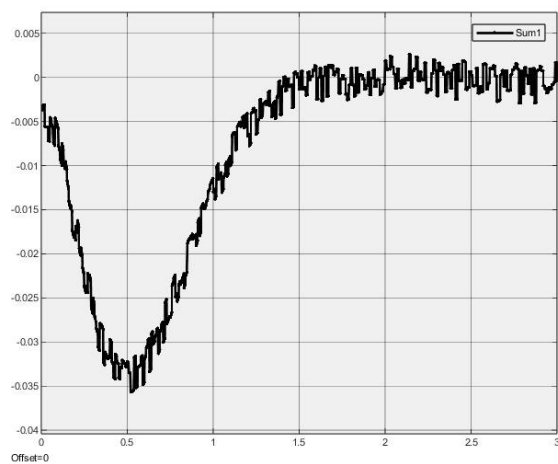


Рис. 5. График переходного процесса



Как видно из графика, переходный процесс также имеет аperiodический вид и со временем входит в установившийся режим, но теперь данный процесс сопровождается множественными возмущениями, которые исходят из внешней среды.

### **Заключение**

Таким образом, в данной работе был произведен расчет параметров двигателя постоянного тока и на основании полученных расчетов была построена имитационная модель системы управления роботизированного электробайка, которая учитывает возмущения от воздействия внешней среды. Также наша модель позволяет увидеть закономерность между электроприводом и массой нашей электробайка, а именно способность двигателя поддерживать номинальный момент вращения при данной нагрузке на валу.

### **Список использованных источников**

1. Акилбаева А.Б. Разработка системы управления роботизированного электробайка // Выпускные квалификационные работы (ВКР): сайт. – 2023. – URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/75773>.
2. Ивойлов А.Ю., Жмудь В.А., Трубин В.Г. Методика определения параметров двигателя постоянного тока // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2018. – Т. 19. – №. 7. – С. 486–496.
3. Теория автоматического управления: учебник / Е. Э. Страшинин, ТЗЗ А. Д. Заколяпин, С. П. Трофимов, А. А. Юрлова; М ин-во науки и высш. образования РФ. — Екатеринбург: И зд-во Урал. ун-та, 2019. – 456 с. – (Учебник УрФУ). ISBN 978-5-7996-2788-1.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО ТЕПЛОВОГО СЛЕДА ПРИ ВВОДЕ ПАРОЛЯ И ВОЗМОЖНЫХ МЕТОДОВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АТАКАМ

*Прозорова Е.А.<sup>1</sup>, Немирович-Данченко М.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ТУСУР, факультет безопасности каф. КИБЭВС, гр. 712-М, *pea@fb.tusur.ru*

<sup>2</sup> ТУСУР, факультет безопасности каф. КИБЭВС, профессор, *nmm@fb.tusur.ru*

### **Введение**

Самое уязвимое место автоматизированной информационной системы – точки доступа к ней. Эти точки доступа защищаются протоколами аутентификации (проверки подлинности пользователя). А одна из наиболее удобных для пользователя форм аутентификации – это парольная защита [1].

Существует несколько стандартных приёмов, применяемых злоумышленниками с целью обойти парольную защиту, и для большинства из этих приёмов разработан определённый механизм противодействия.

Одним из способов проникновения в систему является использование технических каналов [2]. Мы далее будем рассматривать побочный тепловой канал утечки [3-5]. Тепловой след возникает при работе с клавиатурой, при вводе графического или символического пароля на экране смартфона (планшета).

В процессе работы был изучен теоретический материал, была разработана методика тестирования возможности перехвата паролей, PIN-кодов и графических ключей по остаточному тепловому следу.

На этапе теоретического изучения проблемы было проведено численное моделирование нагревания клавиши при контакте и остывания её. Также была проведена первичная оценка возможностей снижения (изменения) динамики остывания зоны контакта.

При выполнении тестирования было сделано следующее: на разных моделях клавиатур, а также на смартфоне был произведён набор различных комбинаций символов, PIN-кодов и графических ключей, после чего, с помощью тепловизора модели UNI-T UTi 260B были сделаны фотографии остаточного теплового следа. Снимки были получены на разном расстоянии от клавиатуры и спустя разное время после набора комбинаций символов.

### **Атаки на пароль по остаточному тепловому следу**

Атаки на пароль по остаточному тепловому следу – малораспространённый вид атак, относится к классу атак по побочным каналам (атак по сторонним каналам, *side-channel attacks*). Атаки этого класса основаны на доступе к физическим процессам и полям, сопровождающим работу исследуемой системы. Атакующий может занимать активную позицию, посылая со своей стороны некоторые сканирующие сигналы, порождая отклик системы. Но может быть и такой сценарий, в котором злоумышленник получает нужную ему информацию, не оказывая явного воздействия на систему и получая при этом доступную всем внешнюю информацию. Атаки по тепловому каналу, рассматриваемые в этой работе, относятся именно к таким – пассивным и неагрессивным – атакам.

Например, фотографирование теплового следа, оставляемого на клавиатуре при наборе пароля, может позволить воспроизвести пароль – это один из способов проведения атаки. Можно также проследить за формой графического ключа – с помощью относительно недорогих датчиков восстановить путь при движении пальца оператора по экрану.

Таким образом, используя тепловой след, оставляемый пальцами, и с помощью, например, тепловизора, или датчика смартфона, злоумышленник может похищать пароли или PIN-коды, вводимые пользователем. Данная тепловая атака также успешна при работе с устройствами, защищёнными графическим ключом: с помощью теплового датчика можно проследить путь пальца по экрану и определить направление, в зависимости от относительной температуры начала движения и его конца.

Для реализации такой атаки требуется разместить датчик вблизи от клавиатуры (или экрана смартфона), на котором вводится пароль, и получить тепловой снимок после набора текста или графического жеста. Собранные таким образом данные будут представлять собой несколько тепловых следов с различной температурой: на момент выполнения снимка первый след, то есть самый ранний, будет выражен слабее, а последний, ближайший по времени, будет выражен ярче. Затем тепловые следы могут быть преобразованы в последовательность символов, к которым можно применять обычную словарную атаку.

Для оценки влияния внешних условий на выраженность теплового следа рассмотрим теоретически задачу остывания клавиши после её нагревания.

### Проведение модельных расчетов

Для того, чтобы теоретически оценить, как протекают физические процессы нагрева и остывания клавиатуры, была предпринята попытка провести решение соответствующей краевой задачи с использованием конечно-разностного метода.

Рассматриваем уравнение теплопроводности в декартовых координатах [6]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a^2 \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + F(x, y, z, t) \quad (1)$$

Обозначения здесь самые общепринятые для задач такого рода:  $T$  – температура,  $t$  – время,  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $F$  – функция источников.

В рамках данного моделирования отдельная клавиша клавиатуры была заменена модельным объектом, равномерно разбитым на расчётные объёмы для составления конечно-разностных соотношений [7]. Факт нажатия на клавишу описывается в программе как локальный тепловой поток. В условиях нашей задачи клавиша будет постепенно остывать.

Общая поверхность функции температуры (2), как функции от координат  $x$  и  $y$ , показана на рис. 1.

$$z = T(x, y) \quad (2)$$

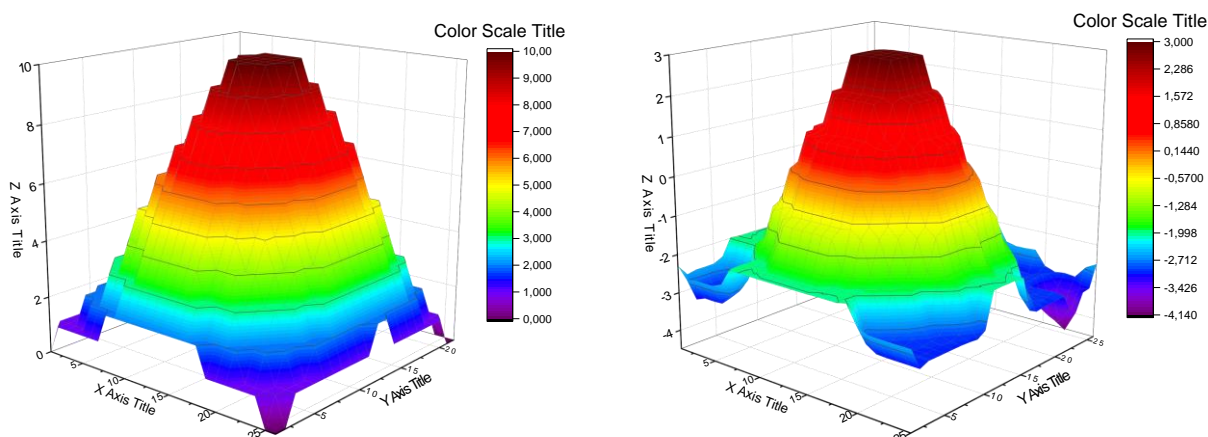


Рис.1. Поверхность двумерной функции температуры просто (слева) и в проветриваемом помещении (справа)

Смоделируем описанную выше ситуацию с учётом проветриваемости комнаты. Сымитировать факт проветривания можно с помощью потока с отрицательной температурой. Примем, что вся клавиша постоянно незначительно охлаждается. Нагрев от пальца имитировался потоком  $q = +15$  °C (такова разница в среднем между температурой тела человека и температурой воздуха в помещении). А охлаждение возьмём равным  $q = -0.15$  °C, то есть в 100 раз меньше. Результат расчета по такой модели показан на рис. 1, справа, это поверхность температуры.

Из сравнения этих рисунков видно, что скорость уменьшения теплового следа увеличилась примерно в 2.5 раза. Результаты численного моделирования подтверждают эмпирическое предположение, что простое проветривание помещения позволит ощутимо сократить время возможной атаки на остаточное тепловое поле. Этим же обусловлены рекомендации, сформулированные нами в заключении.

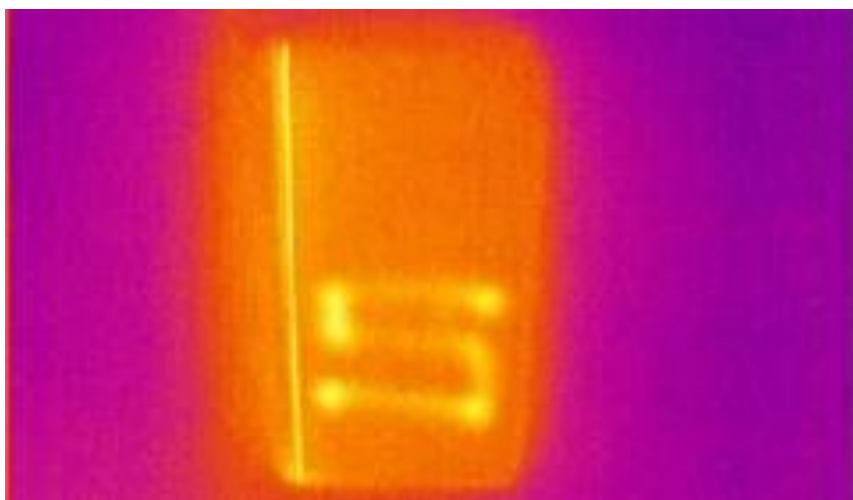
### Тестирование возможности перехвата пароля с помощью тепловизора

Была протестирована возможность перехвата пароля с клавиатуры с помощью тепловизора модели UNI-T UTi260B. На разных моделях клавиатур были набраны различные комбинации символов. Затем с помощью тепловизора были сделаны фотографии остаточного теплового следа. Тепловые снимки проводились на разном расстоянии от клавиатуры, во всех случаях можно было увидеть чёткий тепловой след.

В ходе проделанного эксперимента было выяснено, что получить достаточно чёткое изображение остаточного теплового следа можно в течение минуты после того, как был введён пароль. Однако, для того, чтобы наиболее успешно воспроизвести последовательность набранных символов следует сделать изображение как можно раньше.

Если изображение получено атакующим не позже, чем через 15 секунд после ввода пароля, то набранный текст удаётся восстановить в большинстве случаев. Затем со временем остывания точность падает – до 0,8 через 30 секунд и до 0,35 через 45 секунд. На этих результатах, в частности, основана наша рекомендация об использовании длинных паролей – нарушитель физически не увидит ранние тепловые отпечатки.

Что касается теплового следа от введения графического пароля на смартфоне, здесь возможности у атакующего выше. На рис.2 представлено изображение остаточного теплового следа, сделанное после введения графического ключа на смартфоне. Если линии ключа не пересекаются (не перекрываются), то тепловой снимок позволяет восстановить истинную форму ключа и по истечении 30 секунд после ввода.



*Рис. 2. Фото остаточного теплового следа, сделанное после введения графического ключа*

Также в ходе тестирования было выяснено, что извлечения точной последовательности символов пароля из термо-изображения занимает определенное время – одного взгляда на фото недостаточно. Для достижения максимальной эффективности изображение, полученное с помощью тепловизора, необходимо преобразовать с помощью фоторедактора, применив фильтр для снижения уровня шума и увеличения контрастности.

Для тестирования эффективности воспроизведения пароля по остаточному тепловому следу были использованы разные типы клавиатур: мембранные и механические.

После проведения тестирования был сделан вывод о том, что при равных условиях на механической клавиатуре тепловой след остаётся более чётким. Этот факт объясним тем, что для нажатия клавиши на мембранной клавиатуре требуется в среднем меньше времени, чем на нажатие той же клавиши на механической клавиатуре. Следовательно, клавиши механической клавиатуры при наборе пароля будут нагреваться сильнее, что позволит получить более чёткие снимки остаточного теплового следа.

Кроме того, было проведено тестирование возможности перехвата PIN-кода на смартфоне. Для получения более чётких фотографий рядом со смартфоном был размещён объект, температура которого значительно выше температуры поверхности смартфона.

## **Выводы**

В данной статье были рассмотрены возможные атаки на пароли, описаны атаки на пароли по остаточному тепловому следу и методы противодействия им. Протестирована возможность перехвата пароля, PIN-кода и графического ключа с помощью тепловизора модели UNI-T UTi260B.

В ходе проделанного эксперимента было выяснено, что получить достаточно чёткое изображение можно в течение минуты после того, как был введён пароль. Однако, для того, чтобы наиболее

успешно воспроизвести последовательность набранных символов следует сделать изображение как можно раньше.

Если изображение получено в течение пятнадцати секунд после того, как был введён пароль, то успех воспроизведения последовательности символов достигается в большинстве случаев. Через тридцать секунд точность падает, а через сорок пять секунд и более воспроизвести текст становится всё сложнее.

В случаях расшифровки графического ключа подобная тепловая атака позволяет воспроизвести правильную форму ключа даже спустя сорок секунд после ввода, при условии, что линии ключа не накладываются.

По результатам исследования были выявлены и сформулированы методы противодействия атаками на пароли по остаточному тепловому следу.

В результате проделанной работы было выяснено, что у злоумышленника есть реальная возможность с помощью тепловизора сделать снимки остаточного теплового следа на клавиатуре или смартфоне и воспроизвести таким образом последовательность символов пароля или PIN-кода.

Нами предлагаются следующие методы противодействия побочным атакам по тепловому следу: использование длинных паролей, использование перчаток при наборе пароля, использование мембранных клавиатур, выравнивание температуры воздуха в помещении, использование ноутбуков с мембранными клавиатурами, и некоторые другие.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научных проектов, выполняемых коллективами молодежных научно-исследовательских лабораторий образовательных учреждений высшего образования, подведомственных Министерству науки и высшего образования Российской Федерации, проект номер FEWM-2020-0042.

#### **Список использованных источников**

1. Ерохин В.В., Погонишева Д.А., Степченко И.Г. Безопасность информационных систем. – 3-е изд., стер. – Москва: ФЛИНТА, 2016. – 184 с.
2. Левина А.Б. Комбинированные атаки по сторонним каналам: взлом COMP128 / А.Б. Левина, М.Г. Коровкин // Безопасность информационных технологий. – 2014. – Т. 21, № 3. – С. 108–112
3. Tyler Kaczmarek, Ercan Ozturk, Gene Tsudik. Thermanator: Thermal Residue-Based Post Factum Attacks On Keyboard Password Entry (<https://arxiv.org/pdf/1806.10189.pdf>).
4. Michael Hutter and Jörn-Marc Schmidt: The Temperature Side Channel and Heating Fault Attacks ([https://sdo.tusur.ru/pluginfile.php/193476/mod\\_resource/content/2/Hutter2013TheTemperatureSideChannel.pdf](https://sdo.tusur.ru/pluginfile.php/193476/mod_resource/content/2/Hutter2013TheTemperatureSideChannel.pdf)).
5. Mohammad A. Islam, Shaolei Ren, Adam Wierman: Exploiting a Thermal Side Channel for Power Attacks in Multi-Tenant Data Centers (<https://acmccs.github.io/papers/p1079-islamA.pdf>).
6. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел / Перев. с англ. под ред. А.А. Померанцева. – М. : Наука, 1964. – 488 с.
7. Майер Р.В. Решение физических задач в электронных таблицах Excel. – Глазов, 2016. – 150 с.

# АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНЕРЦИОННОГО ОТКЛИКА НА СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В РАЗНЫХ ПО ПЛОТНОСТИ СЕТЯХ

Радько П.П.

ФГАОУ ВО НИ ТПУ, ИШЭ, 5AM21, ppr1@tpu.ru

## Введение

В связи с глобальной тенденцией перехода к возобновляемым источникам процент их внедрения в электроэнергетические системы постоянно растет. На рис. 1 показано, что количество вводов новых объектов альтернативной генерации в России по планам будет увеличиваться вплоть до 2035 года [1].

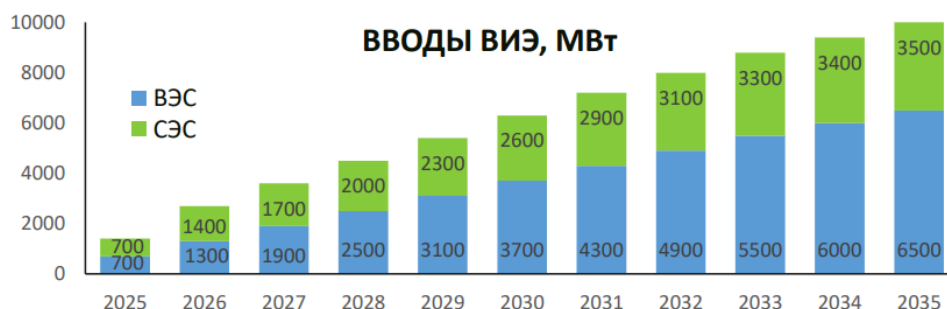


Рис. 1. Планируемая динамика ввода объектов ВИЭ в России на период 2025-2035 гг. (ДПМ ВИЭ 2.0)

Однако динамика внедрения ВИЭ приводит к уменьшению постоянной инерции, что проявляется в появлении более стремительных переходных процессов, особенно связанных с изменением частоты при использовании традиционной системы управления силовым преобразователем.

В России проблема встает более остро, поскольку из-за большой территории много энергорайонов являются удаленными или даже изолированными от единой энергосистемы [2]. Следовательно, при наличии объектов ВИЭ в таких районах любые возмущения будут приводить к резким изменениям режимных параметров, которые могут в свою очередь привести к тяжелым авариям.

Таким образом встает задача обеспечить на объектах ВИЭ, в данном исследовании на солнечной электростанции, инерционный отклик, сравнимого с тем, что наблюдается на традиционных источниках энергии, а также сравнить их действие в сильных (в составе ЕЭС) и слабых (удаленных) сетях.

## Существующие направления решения

Сгладить кривые мощности можно применением накопителей энергии, но это требует как капитальных, так и эксплуатационных расходов и в данной работе этот метод не рассматривается. Вместо этого лучше увеличить инерцию станции с помощью алгоритмов ее управления.

Из-за того, что солнечная энергия бесплатна, наиболее выгодным алгоритмом работы СЭС является режим с максимальной выдачей мощности. Однако это делает невозможным или как минимум сильно ограниченным участие такой станции в регулировании частоты и напряжения. В этой ситуации инвертор, установленный у фотоэлектрической установки, лишь подстраивается под частоту сети, из-за чего такой режим работы инвертора называют «ведомым сетью». Резерв при такой работе можно обеспечить, используя блок синтетической инерции (СИ), приведенный на рис. 2, благодаря чему участия в регулировании можно достичь, хоть и весьма ограниченного. Преимуществом использования блока синтетической инерции является простота его исполнения, однако необходимость разгрузки ведет к экономическим потерям, что является недостатком.

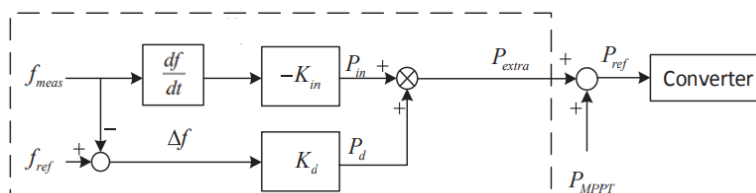


Рис. 2. Структурная схема модуля синтетической инерции

Однако, при большой доле внедрения возобновляемых источников, что характерно как раз для удаленных районов или для развитых в этом направлении стран, участие в полноценном регулировании режимных параметров уже становится обязательным [3]. Добиться этого можно с помощью комплексной имитации работы традиционной машины, и самым приближенным к этому решением является использование виртуального синхронного генератора (ВСГ), рис. 3. При ВСГ частота и напряжение на выходе определяются именно алгоритмами работы инвертора, а сам инвертор работает уже в режиме «ведущего». Основным преимуществом такого решения является способность регулирования режимных параметров и без разгрузки.

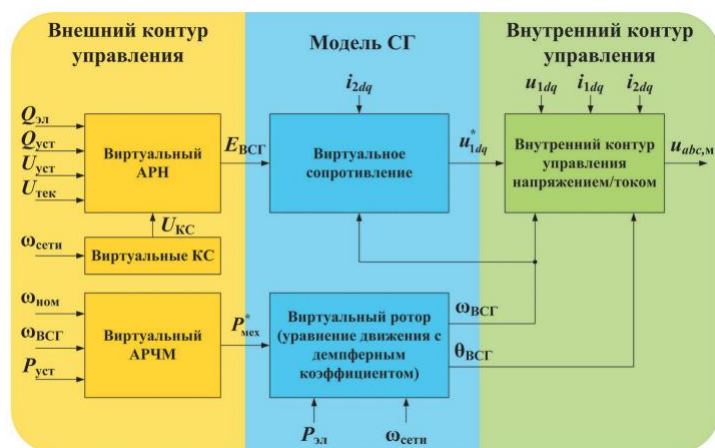


Рис. 3. Классическая структура управляемого по напряжению ВСГ (ВСГ-Н)

Как видно из описания, оба решения весьма ситуативные, т.е. их применение будет сопровождаться разной эффективностью в зависимости от условий и запросов. Сравнению и анализу работы блока синтетической инерции и виртуального синхронного генератора и посвящена данная работа.

### Исследуемая модель

Исследуемая модель представляет собой одномашинную систему, приведенную на рис. 4. Шина 4 представлена шиной бесконечной мощности. Стоит отметить, что линия Л1 значительно длиннее линии Л2. Это приводит к тому, что при работе обеих линий сеть считается сильной, а при отключенной Л2 сеть становится слабой [4]. Затем, в качестве возмущения, проводится увеличение нагрузки Н1. Опыты проводятся для традиционной системы управления, для применения синтетической инерции и для применения ВСГ в сильных и слабых сетях.

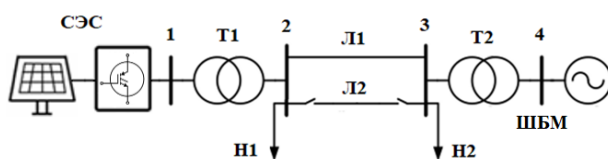


Рис. 4. Схема исследуемой энергосистемы

Важно уточнить, что при синтетической инерции установки были разгружены на 10 %, в то время как при ВСГ, пользуясь его преимуществом, станция не была разгружена. При этом первоначальные выдаваемые мощности во всех экспериментах были примерно одинаковыми. Исследование проводится в программно-аппаратном комплексе RSCAD/RTDS.

### Результаты экспериментов

Изменение нагрузки приводит к возникновению вполне ожидаемых колебаний мощности (рис. 5) в случае применения ВСГ и блока СИ, которые, как видно из рис. 6, почти не повлияли на график изменения частоты. Однако видно, что при работе блока СИ и традиционной САУ наблюдаются гармонические колебания, большие по амплитуде относительно аналогичных при ВСГ. Их появление обусловлено работой системы подстройки под частоту сети [5], так как инвертор работает в режиме «ведомый».

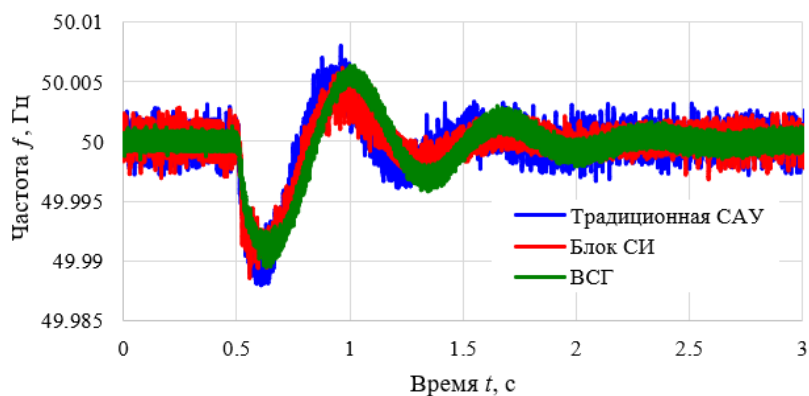


Рис. 5. Осциллограммы частоты в сильной сети

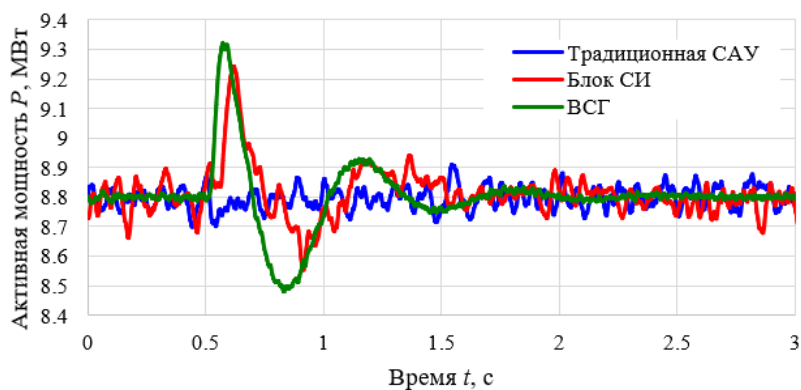


Рис. 6. Осциллограммы мощности в сильной сети

В слабой сети после наброса нагрузки наблюдаются те же процессы, что и в сильной, за тем лишь исключением, что отклонения частоты при всех мерах больше (рис. 7 и рис. 8).

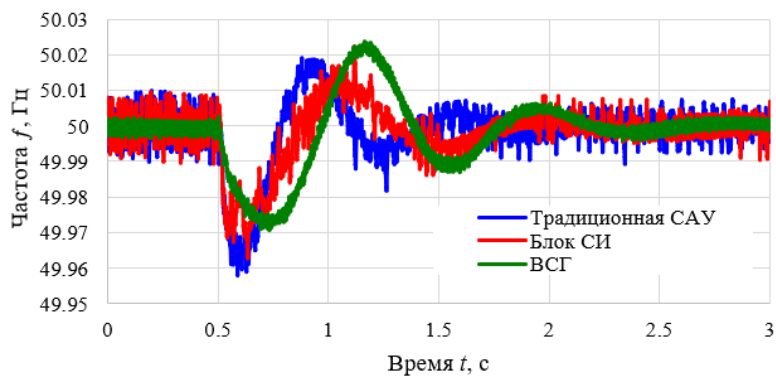


Рис. 7. Осциллограммы частоты в слабой сети

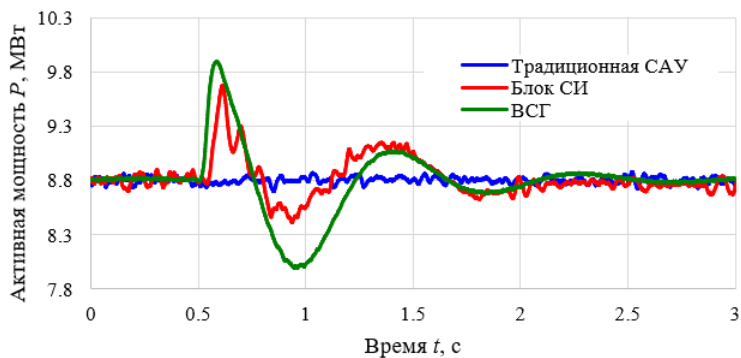


Рис. 8. Осциллограммы мощности в слабой сети



Также видно, что гармонические колебания, которые были заметны еще на рис. 6, значительно увеличиваются в своей амплитуде при возмущениях в слабой сети. При работе виртуального синхронного генератора такой проблемы не наблюдается, из-за чего его применение в слабых сетях становится более целесообразным, чем применение остальных рассмотренных методов улучшения устойчивости системы. В таблице 1 показано количественное сравнение наблюдаемых параметров в сильных и слабых сетях.

Таблица 1

*Сравнение параметров между сетями разной плотности*

Параметр		Сильная сеть	Слабая сеть	Увеличение относительно сильной сети, %
Средняя скорость отклонения частоты за первые 0,1 с, Гц/с	Традиционная САУ	0,1	0,317	217
	Блок СИ	0,077	0,164	112,987
	ВСГ	0,094	0,184	95,74468
Минимальная наблюдаемая частота, Гц	Традиционная САУ	49,98795	49,95787	-0,06017
	Блок СИ	49,98853	49,96266	-0,05175
	ВСГ	49,98945	49,97064	-0,03763
Амплитуда гармонических колебаний мощности после переходного процесса, МВт	Традиционная САУ	0,15862	0,23689	49,34434
	Блок СИ	0,17078	0,35701	109,0467
	ВСГ	0,03203	0,02206	-31,1271

### **Заключение**

Основными методами обеспечения инерционного отклика на СЭС являются применение блока синтетической инерции и виртуального синхронного генератора, однако в разных условиях степень влияния на переходные процессы этих методов может разительно отличаться.

В сильной сети оба метода показывают свою эффективность без проявления негативных факторов, поэтому в случае, если есть возможность разгрузить фотоэлектрические установки, применение блока синтетической инерции может оказаться вполне подходящим способом повысить устойчивость системы.

В слабой же сети работа блока СИ приводит к возникновению гармонических высокочастотных колебаний режимных параметров, из-за чего его применение в таких сетях не является целесообразным. В это же время виртуальный синхронный генератор не имеет таких проблем, ко всему прочему эффективно участвуя в регулировании частоты.

### **Список использованных источников**

1. Российские научные кадры для энергетики на основе ВИЭ / В.А. Бутузов, Р.А. Амерханов, О.В. Григораш, Д.А. Будников // Энергосбережение и водоподготовка. – 2022. – № 3(137). – С. 17-28. – EDN XAWXSL.
2. Бердников Р. Оптимизация систем энергоснабжения удаленных и изолированных территорий за счет управления энергетической гибкостью / Р. Бердников, Д. Холкин, И. Чаусов // Энергетическая политика. – 2023. – № 1(179). – С. 94-106. – DOI 10.46920/2409-5516\_2023\_1179.94. – EDN CRQLOW.
3. Wang M., Meng K., Yuan L. and Liang Z. Comparative Synthetic Inertia Assessment Between Droop And Virtual Synchronous Generator Control For Weak Grids Integration // 2022 IEEE 5th International Electrical and Energy Conference (CIEEC), Nangjing, China, 2022. – P. 4493–4498. – Doi: 10.1109/CIEEC54735.2022.9845936.
4. К вопросу о современных принципах управления возобновляемыми источниками энергии на основе виртуального синхронного генератора / А.Б. Аскараров, А.А. Суворов, М.В. Андреев, А.С. Гусев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2022. – № 41. – С. 5-30. – DOI 10.15593/2224-9397/2022.1.01. – EDN DGQASR.
5. Алексеев А.Ю. ФАПЧ генератора / А.Ю. Алексеев // Научно-исследовательский центр «Technical Innovations». – 2023. – № 10. – С. 8-11. – EDN NQGUXT.

# ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГНОЗА МОЩНОСТИ В УЗЛАХ НАГРУЗКИ МЕТОДАМИ ЛОКАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ С ГЭС

Сидорова А.В.

Новосибирский государственный технический университет

Межкафедральная научно-исследовательская лаборатория обработки, анализа и представления данных в электроэнергетических системах, научный сотрудник, [sidorovaa94@mail.ru](mailto:sidorovaa94@mail.ru)

## Введение

Прогнозирование значений мощности в узлах нагрузки является основным элементом планирования режимов любых энергосистем, поскольку именно от него зависит точность определения наиболее вероятной величины будущего спроса и состава покрытия.

Прогнозирование величины мощности в узлах нагрузки имеет разный горизонт планирования: час (оперативное), сутки (краткосрочное), месяц (среднесрочное) и год (долгосрочное). Наиболее высокие требования предъявляются к оперативному и краткосрочному планированию, т.к. именно они отвечают за быстрое реагирование энергосистемы на внутрисуточные колебания нагрузки и в целом определяют критерии управления текущим режимом.

Сегодня существует большое количество методов, которые используются в прогнозировании величины мощности в узлах нагрузки, но не все из них позволяют получить прогноз с соблюдением требований, предъявляемых к качеству результатов (высокой точности, достоверности, интерпретируемости). В связи с чем, появляется острая необходимость поиска и выбора оптимального метода расчета. Производить поиск среди традиционных статистических методов нецелесообразно, т.к. многие авторы [1-3] на протяжении длительного периода производили их тестирование и пришли к выводу о том, что большинство из них неустойчиво на долгосрочном интервале, приемлемые результаты получаются только на кратковременных периодах (до 48 часов), на более длительных периодах времени прогнозирование неустойчиво [4].

Актуальным же становится изучение нетрадиционных методов, основанных в большей степени на машинном обучении [5] и многочисленных комбинациях его подвидов, которые стремительно сейчас заполняют все научные разработки вне зависимости от специфики. Модели, построенные на нетрадиционных методах, позволяют обширно работать с нелинейными зависимостями, которые сильно зависят от начальных условий, а аппроксимация приводит к накоплению ошибки. В связи с чем, наилучшим вариантом является использование методов локального обучения [6], где производится переобучение временного ряда на каждом временном шаге, тем самым формируя прогноз на один шаг вперед.

В данной статье рассмотрены алгоритмы линейной регрессии и ансамбли алгоритмов регрессии AdaBoost, Bagging, ExtraTrees, Gradient Boosting и Random Forest.

## Модель прогноза нагрузки

Формирование модели прогноза нагрузки начинается с получения прогноза в определенном узле, оперируя дискретностью 1 час вперед. Решение данной задачи производится благодаря корректному подбору исходных данных (графиков активной мощности в о.е.) из базы SimBench, где узлы нагрузки связаны с временными рядами, а последние генерируют отдельную модель прогноза для каждого узла нагрузки. На рис. 1 приведена общая модель формирования прогноза нагрузки в Python.

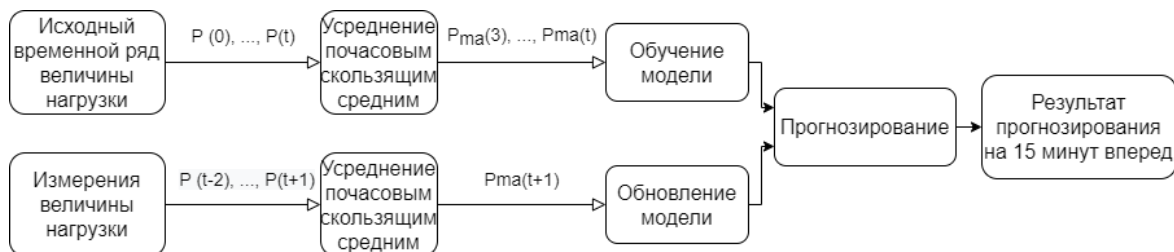


Рис. 1. Модель формирования прогноза нагрузки

В качестве объекта исследования рассматривается часть энергосистемы Памира, которая состоит из более 30 узлов нагрузки (с суточным заданием графиков), 3 ГЭС для выработки электроэнергии и

сети 35 кВ, обеспечивающей ее распределение. Модель энергосистемы с учетом интеграции в нее моделей прогноза приведена на рис. 2.

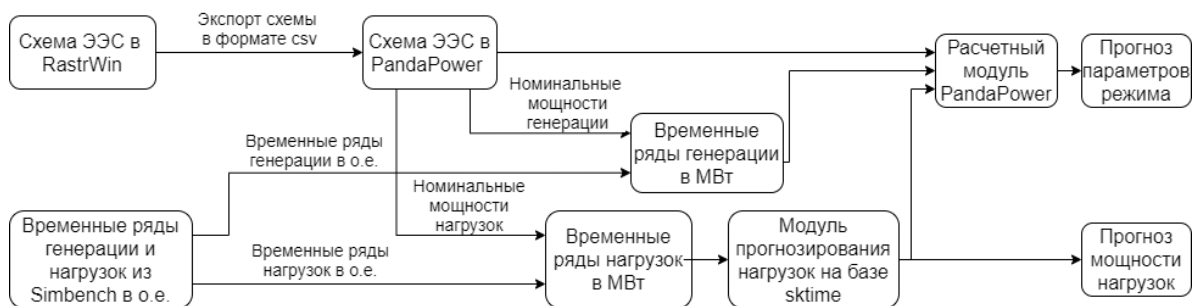


Рис. 2. Модель энергосистемы

Схема позволяет прогнозировать значение мощности в узлах нагрузки на следующий такт времени, добавляя к ним величину генерации и производя расчет режима.

### Прогнозирование нагрузки

Прогнозирование тестируемых методов машинного обучения проводилось на выборке в 1 неделю и длиной окна  $96 \pm 2$  измерения (один раз в сутки), которая состояла из тренировочной (5 дней) и тестовой (2 дня). По результатам тестирования минимальная погрешность прогноза на интервале 15 минут составила  $-0,76\%$  (Random Forest). Далее данный метод был протестирован на обучающей выборке для 4-х вариантов моделей: 30 дней и  $96 \pm 2$  измерения (1 сутки); 15 дней и  $96 \pm 2$  измерения (1 сутки); 30 дней и  $48 \pm 2$  измерения (0,5 суток); 15 дней и  $48 \pm 2$  измерения (0,5 суток). Результаты расчета первого теста приведены на рис. 3.

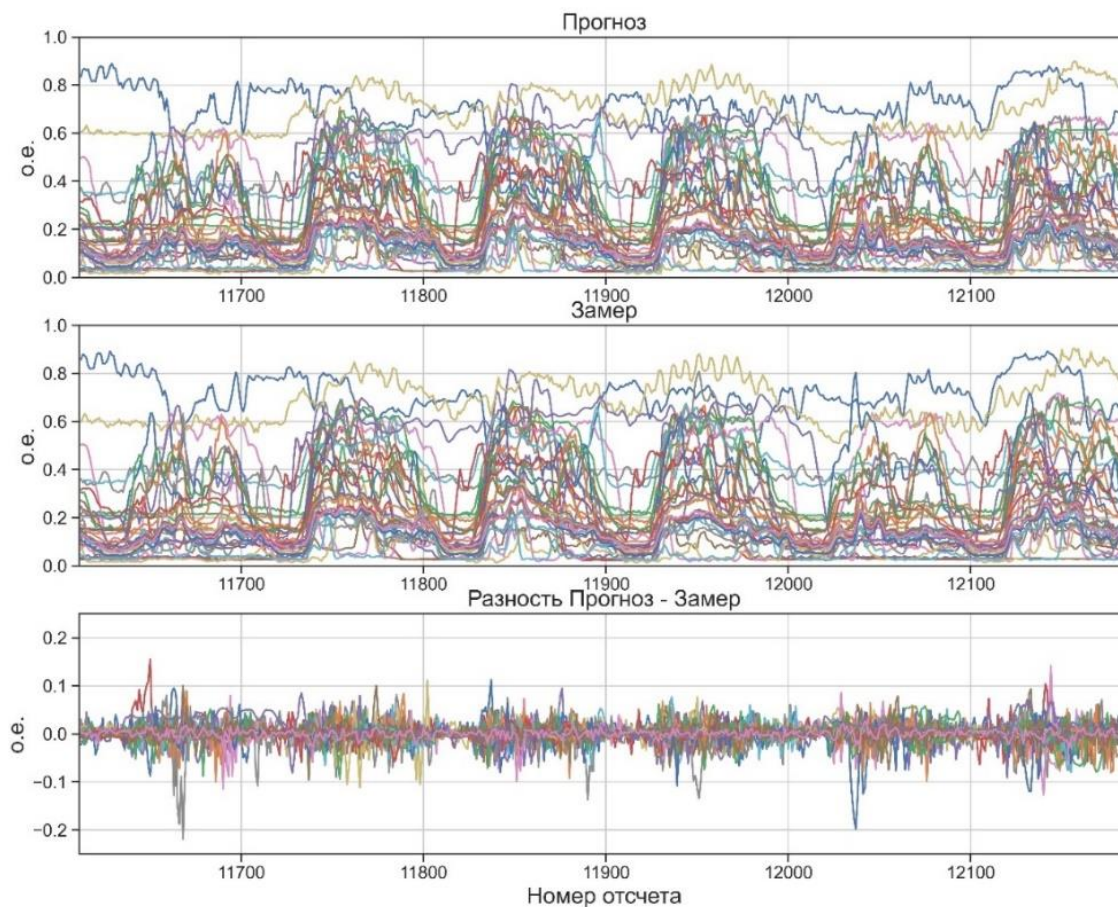


Рис. 3. Алгоритм RandomForest, тест №1

Большую часть тестового периода модуль погрешности не превышает 5 % (от 0,18 % до 3,12 %). В целях сравнения погрешности расчетов были рассчитаны 2 альтернативные метрики (ошибка в % от фактических значений - SMAPE и средняя абсолютная масштабированная ошибка – MASE) для отдельных узлов нагрузки на горизонте прогнозирования  $t+1$  на рис. 4.

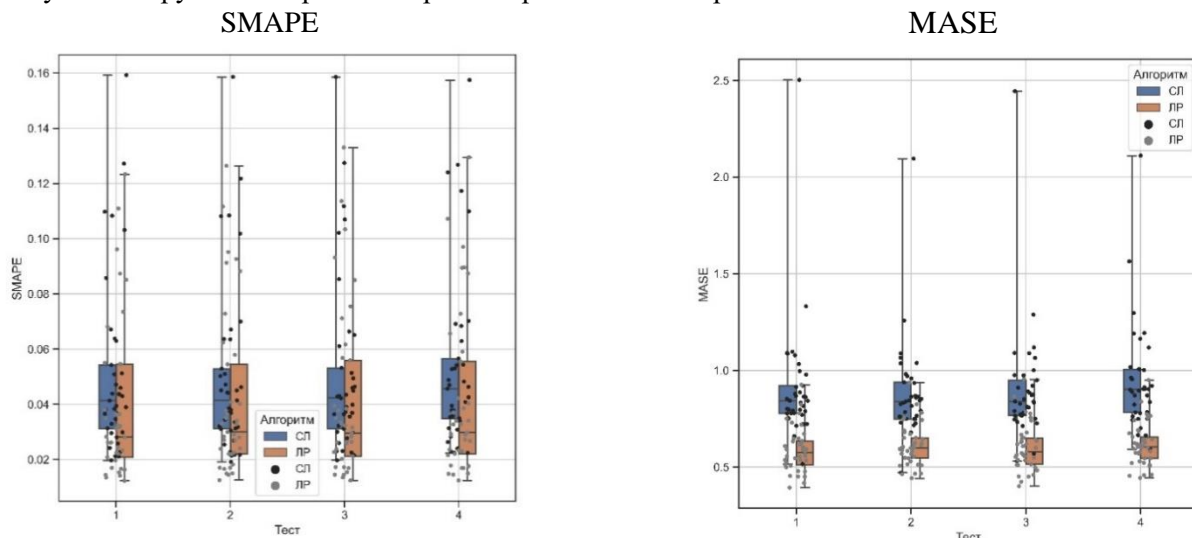


Рис. 4. Распределение метрик качества прогнозирования SMAPE и MASE для горизонта  $t+1$

### Оценка точности электрического режима

В подтверждении положительного влияния методов машинного обучения при прогнозе нагрузки был произведен расчет электрического режима. Сравнение результатов производилось по диаграммам разброса (невязки расчетов) режимных параметров: напряжение, угол, переток мощности, ток. Диаграммы приведены на рис. 5.

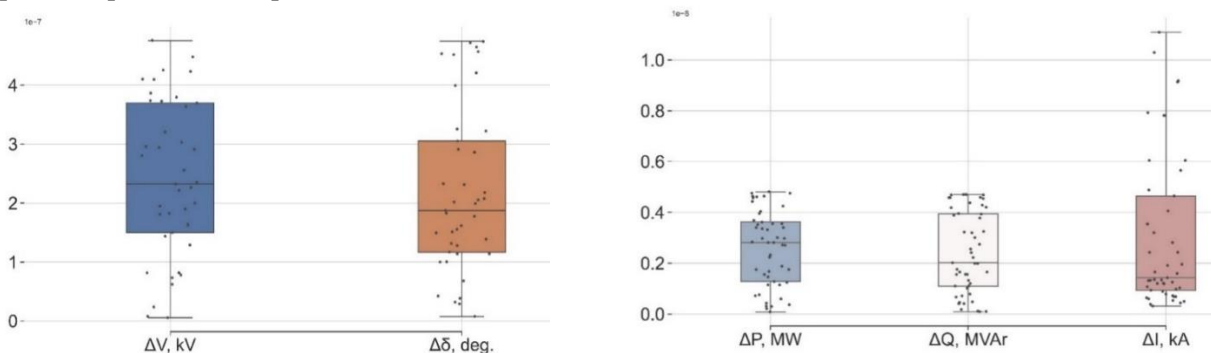


Рис. 5. Невязка расчетов режимных параметров

По диаграммам видно, что максимальная невязка расчетов по уровню перетоков - 4,8 мВт и 4,7 мВАр, току – 11 мкА, модулю и углу напряжения – 476 мкВ и  $4,74 \cdot 10^{-7}$  градуса, что говорит о получении более точных результатов при задании нагрузки моделями машинного обучения, относительно эмпирического задания в режиме дня контрольного замера.

### Заключение

В статье предложен новый подход к оперативному формированию значений мощности в узлах нагрузки методами локального обучения. Увеличение точности моделей и алгоритмов достигается за счет тестирования нескольких методов машинного обучения, реализованных в Python. Тестирование разработанных моделей малой выборки на ансамблях деревьев решений Bagging, AdaBoost, Gradient Boosting, Random Forest и ExtraTrees позволило идентифицировать метод, демонстрирующий наименьшую усредненную величину ошибки прогноза - Random Forest (величина ошибки от 0,18 % до 3,12 %).

В подтверждении выбора метода и его влияния на электрический режим энергосистемы с ГЭС в

статье был проведен соответствующий расчет. Величины невязок контролируемых параметров показали более высокую сопоставимость при использовании моделей прогноза, реализованных методами машинного обучения (против задания нагрузки эмпирическим путем).

Прогнозирование нагрузки методами локального обучения позволяет добиться высокой точности расчетов на оперативных интервалах планирования. Существенным преимуществом дополнительно выступает отсутствие превышения нормированной ошибки, установленной Системным оператором, что говорит о возможности полноценной применимости в диспетчерских центрах в качестве основы для планирования долгосрочных режимов, формировании ремонтной программы и согласования графиков ремонтов электросетевого оборудования.

#### **Список использованных источников**

1. Бэнн Д.В., Фармер Е.Д. Сравнительные модели прогнозирования электрической нагрузки: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.
2. Heineman G.T., Nordman D.A., Plant E.C. The Relationship Between Summer Weather and Summer Loads – A Regression Analysis // *Journal of Transaction Power Apparatus System (IEEE)*. – 1966. – Vol. PAS-85, № 11. – P. 1144–1154.
3. Espinoza M., Joye C., Belmans R., De Moor B. Short-term load forecasting, profile identification, and customer segmentation: a methodology based on periodic time series // *Journal of Transactions on Power Systems (IEEE)*. – 2005. – Vol. 20, № 3. – P. 1622–1630.
4. Liu H., Tian H.-Q., Chen C., Li Y.-f. A hybrid statistical method to predict wind speed and wind power // *Journal of Renew Energy*. – 2010. – Vol. 35, № 8. – P. 1857–1861.
5. Nti I.K., Teimeh M., Nyarko-Boateng, Adekoya A.F. Electricity load forecasting: A systematic review // *Journal of Electrical Systems and Information Technology*. – 2020. – Vol. 7, № 1. – P. 1–19.
6. Sergeev N.N., Matrenin P.V. Enhancing Efficiency of Ensemble Machine Learning Models for Short-Term Load Forecasting through Feature Selection // *23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM 2022)*, 2022. – P. 368–371.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМИ РАСХОДАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАПИЛЛЯРНОГО РАСХОДОМЕРА И ПЛК

*Смирнов Н.П.<sup>1</sup>, Сумин Г.В.<sup>2</sup>, Надеждин И.С.<sup>3</sup>, Денисевич А.А.<sup>4</sup>*

*<sup>1</sup> ТПУ, ИЯТШ, гр. 0701, e-mail: nps7@tpu.ru*

*<sup>2</sup> ТПУ, ИЯТШ, инженер-проектировщик НОЛ ЭАФУ, e-mail: gvs9@tpu.ru*

*<sup>3</sup> ТПУ, ИЯТШ, доцент ОЯТЦ, e-mail: kun9@tpu.ru*

*<sup>4</sup> ТПУ, ИЯТШ, ассистент ОЯТЦ, e-mail: DenisevichAA@tpu.ru*

### Введение

В настоящее время происходит активное развитие технологий, направленных на замыкание ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ). Одной из проблем, требующих решения, является дозирование малых расходов технологических растворов из промежуточных (демпфирующих) емкостей с помощью перистальтических насосов. Ввиду агрессивности среды и постоянных механических воздействий, трубки насоса пластично деформируются, что приводит к искажению расходной характеристики. Для этого необходимо измерять расход на выходе насоса, однако существующие средства измерения не приспособлены для работы в условиях высокой радиационной и химической активности. Разработка прибора способного проводить измерение в описанных условиях позволит создать автоматическую систему управления расходом, которая обеспечит точное дозирование и позволит обеспечить безопасность протекания технологических процессов.

На базе Передовой инженерной школы ТПУ создан лабораторный стенд для разработки и исследования специальных приборов контроля технологических переменных с целью развития отечественных измерительных технологий и замещения импортных аналогов.

### Исследования системы управления малыми расходами

Одним из исследуемых приборов контроля является система измерения малых расходов на основе капиллярного расходомера [1, 2]. Принцип работы данной системы заключается в измерении, с помощью датчика дифференциального давления, перепада давления, возникающего при протекании жидкости через капиллярную трубку, скрученную в спираль [3]. Капилляр подключен к датчику с помощью сигнальных линий, заполненных разделительной средой. Считывание данных и управление системой осуществляется с помощью программируемого логического контроллера (ПЛК), с применением интерфейса RS-485 по протоколу Modbus RTU.

Данный метод измерения позволяет проводить измерение расхода агрессивных и радиоактивных жидкостей. Периодическая прокачка разделительной жидкости через сигнальные линии позволяет снизить вероятность попадания технологического раствора в камеры датчика, что может существенно увеличить его срок эксплуатации.

В рамках проведённых исследований было установлено, что зависимость перепада давления на капиллярном расходомере линейно зависит от вязкости жидкости, протекающей через него. Следовательно, при изменении вязкостных свойств жидкости, изменяется и перепад давления на концах капилляра. Это изменение давления требуется учитывать для поддержания корректности показаний расхода. Так как вязкость технологических растворов зависит от их плотности, то предлагается совместное использование системы измерения малых расходов с системой измерения плотности, с целью корректировки показаний расхода, которое можно осуществить на программном уровне с помощью ПЛК. Измерение плотности также позволит определять качественный состав (концентрацию) раствора, что позволит улучшить условия соблюдения ядерной безопасности. Структурная схема описанной установки измерения плотности и расхода представлена на рис.1.

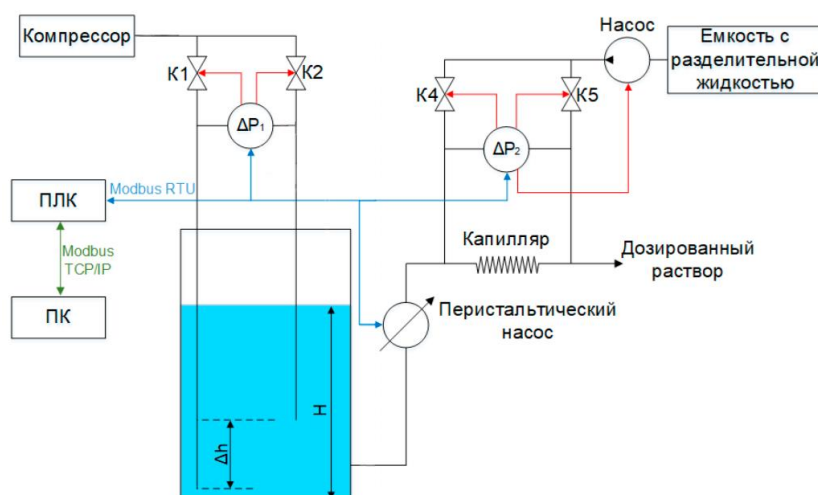


Рис. 1. Структурная схема системы управления малыми расходами

Определение плотности технологического раствора осуществляется с помощью датчиков дифференциального давления путём измерения перепада давления между измерительными шупами, выводы которых расположены на определённом расстоянии друг от друга. Через измерительные камеры датчика дифференциального давления периодически прокачивается газ для предотвращения попадания в них технологического раствора. Плотность жидкости  $\rho$  рассчитывается (1) по измеренному перепаду давления  $\Delta P_1$ :

$$\rho = \frac{\Delta P_1}{g \cdot \Delta H_1}, \quad (1)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $\Delta H_1$  – расстояние между выводами капилляров.

Применение датчиков давления, связанных с ПЛК по интерфейсу RS-485, позволяет автоматизировать процесс сбора данных от датчиков и коррекции показаний расхода.

### Заключение

Внедрение данной системы позволит производить измерение малых расходов агрессивных и радиоактивных жидкостей, а корректировка показаний расхода, которая производится при изменении вязкостных свойств технологических растворов, позволяет повысить безопасность протекания процессов ядерного топливного цикла. Преимуществом данной системы перед существующими является отсутствие прямого контакта измерительных приборов с агрессивной средой, которая существенно снижает срок их эксплуатации.

Исследование выполнено в рамках федерального проекта «Передовые инженерные школы», научный проект «Разработка и внедрение алгоритмов и систем автоматизированного управления технологическими процессами», ПИШ-НИР-2023-005.

### Список использованных источников

1. Монахов В.И. Измерение расхода и количества жидкости, газа и пара. М.– Л., Госэнергоиздат, 1962, 128 с
2. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества : справочник / П.П. Кремлевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Машиностроение, 1989. – 409 с
3. Бирюков Б.В. Точные измерения расхода жидкостей / Бирюков Б.В., Данилов М.А., Кивилис С.С. – Москва : 1977. – 144 с

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННОЙ

Чжан Хайлун<sup>1</sup>, Суходоев М.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, ИШИТР, 8ТМ21 e-mail: 1178603301@qq.com

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, ИШИТР, Доцент, e-mail: [smike@tpu.ru](mailto:smike@tpu.ru)

## Введение

Система автоматизации ректификационной колонны играет очень важную роль в химической, нефтяной и других отраслях промышленности. Они используются для разделения и очистки смесей с целью получения высокочистых химических веществ и топлива. Ниже приведены некоторые примеры роли систем автоматизации дистиляционных колонн в обществе :

**Повышение эффективности производства:** Система автоматизации дистиляционной башни позволяет автоматически регулировать параметры процесса и сокращать вмешательство оператора, тем самым повышая эффективность производства и качество продукции.

**Сокращение человеческих ошибок:** Поскольку система автоматизации дистиляционной башни может автоматически контролировать и корректировать параметры процесса, это может сократить перерывы в производстве и увеличить производственные затраты из-за человеческих ошибок.

**Повышение безопасности:** Система автоматизации дистиляционной башни может контролировать различные параметры в дистиляционной башне, чтобы избежать возможных аварий и опасностей.

**Энергосбережение:** Система автоматизации дистиляционной башни позволяет снизить потребление энергии за счет контроля и регулировки расхода нагревательных и охлаждающих жидкостей.

**Защита окружающей среды:** Система автоматизации дистиляционной башни позволяет уменьшить изменения технологических параметров и образование технологических отходов, тем самым снижая воздействие на окружающую среду.

В целом, системы автоматизации дистиляционных колонн играют жизненно важную роль в химической, нефтяной и других отраслях промышленности, помогая компаниям повысить эффективность производства, снизить затраты, повысить безопасность и оказывать меньшее воздействие на окружающую среду.

Поэтому целью данной статьи является первоначальное изучение и понимание системы автоматизации дистиляционной башни

Система управления дистиляционной колонной, основанная на model predictive control (MPC), позволяет добиться более точного управления и обладает большей надежностью.

**Создание математической модели дистиляционной башни:** Математическая модель дистиляционной башни может быть создана на основе физических принципов или на основе экспериментальных данных. Эта модель может быть использована для прогнозирования динамического поведения дистиляционной колонны и послужить основой для проектирования контроллера.

**Проектирование контроллера:** Исходя из конструкции контроллера MPC, в первую очередь необходимо рассмотреть структуру и выбор параметров контроллера. При нормальных обстоятельствах контроллер MPC включает в себя такие части, как модель прогнозирования, модель управления и оптимизатор. Среди них модель прогнозирования может предсказывать поведение системы в течение определенного периода времени в будущем, модель управления может вычислять стратегию управления, которая должна быть выполнена, и оптимизатор может оптимизировать стратегию управления.

**Напишите программу контроллера:** Напишите программу MPC-контроллера для реализации функций контроллера. При написании программы необходимо объединить математическую модель и контроллер, чтобы реализовать управление контроллером по замкнутому циклу.

**Отладка и оптимизация:** Прежде чем контроллер будет применен к фактической работе дистиляционной колонны, необходимо выполнить отладку и оптимизацию. Этот процесс может быть осуществлен с помощью имитационных экспериментов и реальных экспериментов. Основной целью отладки является оптимизация параметров контроллера для достижения более точного управления.

**Прикладной контроллер:** Примените контроллер MPC к фактической работе дистиляционной колонны. Перед применением контроллера необходимо загрузить программу контроллера в аппаратное



обеспечение контроллера и подключить такие устройства, как датчики и исполнительные механизмы. После этого дистилляционная колонна может автоматически управляться и контролироваться контроллером.

В целом, система управления дистилляционной колонной, основанная на контроллере MPC, обладает более высокой точностью управления и надежностью, но для достижения эффективного управления требуется более сложная конструкция и программирование контроллера, а также более адекватная отладка и оптимизация.

### **Заключение**

В статье перечислены этапы разработки системы управления дистилляционной колонной на основе контроллера MPC и перечислены преимущества контроллера MPC. Контроллер MPC позволяет распределять более или менее важные контролируемые показатели, устанавливая приоритет использования ресурсов. Снижение энергопотребления может повысить энергоэффективность системы управления дистилляционной колонной при одновременном достижении требуемого качества готовой продукции.

### **Список использованных источников**

1. Ушева Н.В., Бешагина Е.В., Мойзес О.Е., Кузьменко Е.А., Гавриков А.А. Технологические основы и моделирование процессов промышленной подготовки нефти и газа: учебное пособие / Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 128 с.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для ВУЗов. – Москва: Химия, 1995. – 368 с.
3. Бекиров Т.М., Ланчаков Г.А. Технология обработки газа и конденсата. – Москва: Недра, 1999. – 596 с.

# ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ В УПРАВЛЕНИИ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ПРОЕКТАМИ

Худяков В.М.

Санкт-Петербургский колледж телекоммуникаций имени профессора М. А. Бонч-Бруевича  
и Э.Т. Кренкеля, Санкт-Петербург, Россия, slava.khudyakov.04@mail.ru

## Ведение

Целью статьи является анализ различных цифровых платформ в управлении логистическими проектами.

## Основная часть

В современном мире цифровые технологии стали неотъемлемой частью бизнеса, включая область логистики. Цифровые платформы играют важную роль в управлении логистическими проектами, обеспечивая эффективность, прозрачность и автоматизацию в различных этапах логистической цепи. Они развиваются во всех социально-экономических областях, обеспечивают кооперированные связи между участниками, открыты для участников, обеспечивают проблему информационной безопасности.

С весьма интересующей авторов - логистической - точки зрения, ЦП позволяют многократно снизить транзакционные издержки, которые в цепях поставок и логистических системах составляют изрядную долю общих логистических издержек. Как известно, транзакционные издержки охватывают

Цифровая платформа - это система алгоритмизированных взаимоотношений значимого количества участников рынка, объединенных единой информационной средой, приводящая к снижению транзакционных издержек за счет применения пакета цифровых технологий и изменения системы разделения труда.

Существует несколько типов цифровых платформ:

1. Инструментальные цифровые платформы, в основе которых находятся программные или программно-аппаратные комплексы (продукты), предназначенные для создания прикладных решений с использованием типовых функций и интерфейсов для обработки информации и с применением сквозных технологий работы с данными. Также цифровые платформы представленного типа включают функционал для отладки прикладных программных или программно-аппаратных инструментов.

2. Инфраструктурные, связанные с экосистемами участников рынков информатизации, на которые выводятся ИТ-сервисы, использующие сквозные цифровые технологии работы с данными и доступ к источникам информации и применяемые в пределах экосистем.

3. Прикладные цифровые платформы - бизнес-модели, предоставляющие возможности алгоритмизированного обмена ценностями между значительным числом независимых участников рынка. Транзакции при этом проводятся в единой информационной среде.

Основные характеристики:

*Прозрачность и видимость.* Одним из основных преимуществ цифровых платформ является повышение прозрачности и видимости в логистической цепи. С помощью цифровых платформ участники проекта могут отслеживать движение товаров в реальном времени, мониторить состояние складов, и получать уведомления об изменениях. Это позволяет оперативно реагировать на возникающие проблемы, такие как задержки в поставках или дефицит товаров.

*Оптимизация маршрутов и ресурсов.* Цифровые платформы предоставляют инструменты для оптимизации маршрутов и распределения ресурсов. С использованием данных о трафике, погодных условиях, и других факторах, платформы могут предложить оптимальные маршруты для перевозок. Это позволяет снизить затраты на топливо и сократить временные задержки. Кроме того, платформы могут помочь в оптимизации использования складских ресурсов, что позволяет сократить издержки на хранение и обработку товаров.

*Автоматизация и управление данными.* Цифровые платформы также автоматизируют множество процессов в логистике. Они могут автоматически собирать и анализировать данные о заказах, перевозках, и складских операциях. Это упрощает управление данными и позволяет принимать более обоснованные решения. Кроме того, автоматизация позволяет сократить ручной труд и снизить риск человеческих ошибок.

*Улучшение клиентского обслуживания.* Цифровые платформы также способствуют улучшению клиентского обслуживания. Заказчики могут отслеживать статус своих заказов, получать уведомления

о доставках, и общаться с поставщиками через эти платформы. Это создает более удовлетворенных клиентов и способствует развитию долгосрочных отношений с ними.

*Больше данных для анализа.* Собранные цифровыми платформами данные могут быть использованы для анализа и прогнозирования. Аналитика позволяет выявить тенденции и паттерны в логистических операциях, что в свою очередь позволяет улучшать стратегию и планирование проектов.

Цифровые платформы включают в себя разнообразные интернет-сервисы и системы, которые обеспечивают взаимодействие и обмен информацией в цифровой форме. Они могут включать в себя следующие элементы:

1. Web-платформы: Web-сайты, социальные сети, электронные магазины и другие ресурсы, предоставляющие доступ к информации и услугам через браузер.

2. Мобильные платформы: Мобильные приложения и операционные системы, позволяющие запускать приложения на смартфонах и планшетах.

3. Облачные платформы: Сервисы облачного хранения данных и вычислений, такие как Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud и другие, предоставляющие доступ к удаленным ресурсам и инфраструктуре.

4. Интернет вещей (IoT) платформы: Системы, позволяющие управлять и мониторить устройства и датчики, подключенные к Интернету, например, умные дома и умные города.

5. Блокчейн-платформы: Технологии, обеспечивающие цифровую запись и проверку транзакций, такие как Ethereum и Hyperledger.

6. Финансовые платформы: Сервисы для онлайн-банкинга, электронных платежей и криптовалютных бирж.

7. Образовательные платформы: Онлайн-курсы, массовые открытые онлайн-курсы (МООС), электронные библиотеки и другие ресурсы для обучения и образования.

8. Здравоохранение и медицинские платформы: Электронные медицинские записи, телемедицина и другие цифровые решения в здравоохранении.

9. Социальные платформы: Социальные сети, форумы и мессенджеры, позволяющие общаться и обмениваться информацией с другими пользователями.

## **Заключение**

Цифровые платформы играют ключевую роль в управлении логистическими проектами, содействуя повышению эффективности и прозрачности в поставочной цепи. Эти платформы упрощают процессы, снижают затраты и обеспечивают более быстрое реагирование на изменения и проблемы. С ростом технологий и инноваций в логистике, можно ожидать, что роль цифровых платформ будет продолжать расти, принося новые возможности и улучшения в управлении логистическими проектами.

## **Список использованных источников**

1. Горелова Т.П., Серебровская Т.Б. Цифровая трансформация логистического бизнеса. – 2022. – 104 с.
2. Григорьев М.Н., Максимцев И.А., Уваров С.А. Цифровые платформы как ресурс повышения конкурентоспособности цепей поставок. – 2017. – С. 7-10.
3. Центр развития компетенций в бизнес-информатике, логистике и управлении проектами Высшей школы бизнеса НИУ ВШЭ // ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ. URL: <https://hsbi.hse.ru/articles/tsifrovye-platformy/>
4. Концепция государственного регулирования цифровых платформ и экосистем // Департамент развития цифровой экономики. Министерство экономического развития Российской Федерации URL: [https://www.economy.gov.ru/material/departments/d31/koncepciya\\_gos\\_regulirovaniya\\_cifrovyh\\_platform\\_i\\_ekosistem/](https://www.economy.gov.ru/material/departments/d31/koncepciya_gos_regulirovaniya_cifrovyh_platform_i_ekosistem/)
5. Покровская О.Д., Новикова И.Д., Заболоцкая К.А. О цифровой платформе «Терминальная сеть». – 2020. – 24 с.

## РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОРМОРАЗДАЧИ В ПТИЧНИКЕ

Лю Чжихань<sup>1</sup>, Сидорова А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИТР, гр. 158Т01, e-mail: lc010@tpu.ru

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИТР, ст. преподаватель, e-mail: [sidorova@tpu.ru](mailto:sidorova@tpu.ru)

### Введение

Разработка системы автоматизации кормораздачи в птичнике имеет высокую актуальность по нескольким причинам: эффективность и улучшение процессов, контроль и точность, экономия времени, а самое главное ресурсов. В настоящее время в отрасли птицеводства в России возникли проблемы, связанные не только с санкционной политикой, а с эффективностью производства в нынешних реалиях [1]. Автоматизированная система кормления в птичнике может повысить эффективность процесса кормления, обеспечивая точное и своевременное распределение корма. Smart автоматизация позволяет экономить время работников и снизить затраты на ручное кормление, освобождая ресурсы для других задач в птичнике. Разработанная система автоматизации обеспечит более точный контроль за количеством потребляемой энергии, а также количества корма потребляемой птицей, что может повлиять на ее здоровье и производственные показатели.

Цель работы – обеспечить количественную, своевременную и точную подачу пищи для удовлетворения потребностей цыплят в кормлении, повысив эффективность кормления и сократив энерго и трудозатраты. Разработанная система обеспечит получение надлежащего диетического кормления с помощью автоматизированного распределения корма, сократит пищевые отходы и уменьшит затраты на корм. Smart система позволит контролировать и регистрировать привычки питания цыплят для управления процессом размножения.

Разработанная автоматическая система для кормления цыплят позволяет с высокой эффективностью выращивать птицу с низкими затратами. В одной клетке может поместиться до восемь птиц, один оператор отвечать за 50 000 штук птицы.

### Описание технологического процесса и разработки системы автоматизации

Первый режим работы системы это подбор корма в соответствии с возрастом птицы. На рис. 1 представлены разработанные в программе Sharp3d мешалки для измельчения кукурузы и зерна, в соответствии с разработанной спецификацией [2].



Рис. 1. Разработанные мешалки для измельчения корма

Далее корм поступает в кормовой канал через кормовой бункер (рис. 2).



Рис. 2. Разработанная линия кормораздачи

Следующий этап разработки – обеспечение подачи воды. Капельное устройство (рис. 3) предназначено для уменьшения загрязнения источника воды, а непрерывную подачу проточной воды можно использовать для регулирования скорости потока, обеспечения здоровья и безопасности цыплят, а также экономии воды.



*Рис. 3. Разработанное капельное устройство*

Спроектированный измельчитель куриного помета (рис. 4) имеет форму гусеничной ленты, непрерывно работающей для уменьшения роста бактерий. Выделенный и измельченный куриный помет далее поступает на линию упаковки удобрения.



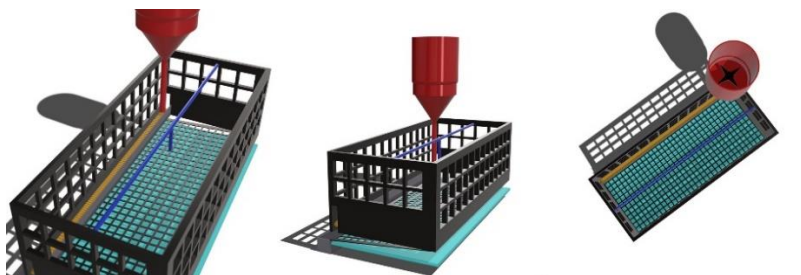
*Рис. 4. Измельчитель*

Еще одним элементом разработанной системы является наклонное дно (рис. 5), позволяющее яйцам скатываться в сборный отсек. Угол наклона составляет пять градусов, что позволяет яйцам скатываться вниз, не теряя целостности.



*Рис. 5. Сетчатое дно*

Собрав все спроектированные в программе Sharp3d части системы в единую сборную конструкцию (рис. 6) получили разработанную энергоэффективную автоматизированную систему кормораздачи в птичнике.



*Рис. 6. Три проекции разработанной системы*

Система легко масштабируется под разные объемы производства (рис. 7) и может в короткие сроки внедряться в действующее производство для повышения его эффективности. Система может эксплуатироваться на ферме или в теплице, но при этом необходимо контролировать температуру и влажность.



*Рис. 7. Три проекции разработанной системы*

Внедрение разработанной системы повысит эффективность производства и экономию ресурсов: распределением корма, сокращением ручного труда (в настоящее время на двух крупных Томских птицефермах автоматизация практически отсутствует) и повышением эффективности разведения.

Дозирование корма: разработанная система позволяет контролировать количество и частоту раздачи корма, гарантируя, что каждый цыпленок получит необходимое количество еды.

Экономия затрат: система снижает затраты на разведение, избегая потерь корма и снижая затраты на рабочую силу.

Улучшение среды размножения: секционное нахождение птицы (до 8 штук в одной секции) позволит улучшить среду размножения, уменьшив конкуренцию за пищу между разными по размеру птицами и обеспечив лучшие условия для роста.

Сбор информации: спроектированная система позволяет хранить и анализировать записанную информацию фермерами для выявления эффективной тенденции питания и роста цыплят, в целом для улучшения процесса разведения птицы.

## **Заключение**

Таким образом, разработка системы автоматизации кормораздачи в птичнике имеет значительный потенциал для улучшения условий содержания птицы, повышения эффективности производства и оптимизации ресурсов.

## **Список использованных источников**

1. Немчинов Н.Н. Птицеводство на паузе. Какие факторы мешают развитию птицеводства в России и мире. – Текст: электронный // Агротехнологии. – 2022. – № 7. – URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/38551-ptitsevodstvo-na-pauze-kakie-factory-meshayut-razvitiyu-ptitsevodstva-v-rossii-i-mire/> (дата обращения: 04.09.2023).

2. Автоматизация птицефабрики // Русавтоматизация: сайт. – 2021. – URL: <https://rusautomation.ru/articles/avtomatizatsiya-ptitsefabriki/> (дата обращения: 10.09.2023).

**Секция 5. Искусственный интеллект в системах  
принятия решений**

## РАНЖИРОВАНИЕ НАБОРА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ КОНТРАГЕНТОВ

*Иванова Д.В.<sup>1</sup>, Немирович-Данченко М.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*ТУСУР, факультет безопасности, каф. БИС, гр. 749-1 [ivanovad2408@gmail.com](mailto:ivanovad2408@gmail.com)*

<sup>2</sup>*ТУСУР, факультет безопасности, каф. КИБЭВС, профессор, [nmm@fb.tusur.ru](mailto:nmm@fb.tusur.ru)*

### Введение

В условиях глобального бизнеса компании имеют дело с партнерами из разных стран с отличающимися правовыми системами и подходами к определению уровня их благонадежности [1]. Цель работы – сопоставление критериев по предпочтительности и непротиворечивости для возможности дальнейшего использования их при определении уровня надежности контрагентов.

### Описание алгоритма

В настоящее время в России есть несколько популярных автоматизированных систем (СПАРК, Контур [2]), которые позволяют определить риски компании по следующим критериям: участие контрагента в судопроизводствах, дата и место регистрации предприятия, количество персонала и размеры производства. При заключении сделок с иностранными партнерами, отечественные компании сталкиваются с дополнительными рисками, например, усложнение возможности привлечения контрагента к ответственности за неисполнение договорных обязательств, особенности правовых норм при выборе иностранного права для соглашения, а также различия в деловых обычаях. В случае договорных отношений контрагента, компания может понести значительные финансовые потери [2] и столкнуться с риском в сфере информационной безопасности, включая утечку конфиденциальных данных и кибератаки.

Актуальность данного исследования в том, что современный бизнес стал более глобальным, и оценка благонадежности контрагентов стала ключевым элементом минимизации рисков [3]. Различия в правовых системах и экономических условиях разных стран требуют адаптированных методов оценки. Необходимо использовать подход, который сможет учитывать как количественные, так и качественные характеристики, чтобы получить наиболее объективную оценку компании.

На основе нормативно-правовой базы [4] были выделены следующие критерии:

- К1: финансовая устойчивость, анализ показателей таких как выручка, прибыль, оборотные средства, задолженность
  - К2: юридическая история. Включает анализ судебных решений и арбитражных дел, в которых участвовала компания, в том числе, действий, предпринимаемых контрагентом с целью предотвращения коррупции, и его репутация;
  - К3: наличие и состояние лицензии и разрешительных документов;
  - К4: подтвержденность информации о компании, включая реквизиты, наличие актуальных контактов для связи, юридический адрес и проверку фактического существования компании, совпадение данных в официальных документах и реальной деятельности;
  - К5: страновые риски, связанные с местоположением контрагента;
  - К6: отраслевые особенности, такие как изменения в спросе на продукцию или услуги;
  - К7: причина выбора конкретной компании, например, была ли рекомендация от должностных лиц или третьих лиц, не имеющих опыта работы с данным ЮЛ;
  - К8: участие контрагента или его руководителей в работе государственных органов. Также нужно учитывать политические или финансовые взаимосвязи, которые могут влиять на принятие решений в пользу контрагента;
  - К9: наличия у контрагента необходимого опыта, например, успешное выполнение аналогичных проектов, знание специфики рынка или отрасли, а также навыки и компетенции, необходимые для выполнения задачи или соглашения;
  - К10: проверка каждого отдельного контрагента, для определения того, действительно ли существует необходимость пользоваться услугам данного контрагента и оправдано ли его привлечение;
- Если в результате проверки выявлены признаки, указывающие на неблагонадежность организации, но при этом другие большинство показателей преимущественны при решении данного вопроса,



следует рассмотреть возможность минимизировать эти риски или прервать процесс заключения соглашения.

Перечень критериев может варьироваться в зависимости от конкретной отрасли, сферы деятельности и целей сотрудничества компании, но общая цель оценки благонадежности контрагента в России и других странах заключается в минимизации рисков, обеспечении экономической, информационной безопасности и успешного сотрудничества.

Было проведено экспертное оценивание и проведена ранжировка полученных данных. Экспертами выступили три действующих специалиста юридического отдела и два специалиста отдела информационной безопасности. Результаты ранжировки представлены в таблице 1.

Таблица 1

*Ранжировка на основе экспертных оценок*

Э,К	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5
К1	3	2	1	4	4
К2	4	4	6	6	5
К3	2	10	3	3	2
К4	5	3	4	5	6
К5	7	5	10	7	7
К6	6	7	9	8	8
К7	8	8	7	10	9
К8	9	9	8	9	10
К9	10	6	5	2	3
К10	1	1	2	1	1

Далее была найдена согласованность мнений экспертов (конкордация Кендалла [5]) по формуле (1).

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - m \sum T_i}$$

Если найденный коэффициент больше 0,7, значит, оценки согласованы, если от 0,7 до 0,4 – средняя степень согласованности, если менее 0,4 – оценки не согласованы, их нельзя рассматривать в дальнейшей работе. В данном случае, экспертная оценка равна 0,693, что говорит о средней степени согласованности, близкой к высокой.

Полагая в качестве нулевой гипотезы предположение о случайном согласовании мнений экспертов, оценим это предположение. Была рассчитана оценка значимости коэффициента конкордации. Для этой цели исчислен критерий согласования Пирсона:  $X^2 = 31.17$ . Вычисленное значение следует сравнивать с табличным значением для числа степеней свободы  $K = n-1 = 10-1 = 9$  и при заданном уровне значимости  $\alpha = 0.05$ . Так как  $X^2$  расчетный  $31.17 \geq$  табличного (16.91898), то нулевую гипотезу можно считать отвергнутой и  $W = 0.693$  - величина не случайная, а потому полученные результаты имеют смысл и могут использоваться в дальнейших исследованиях.

Для того, чтобы в дальнейшем учитывать значимость критериев в оценке альтернатив (контрагентов), необходимо определить веса критериев. Матрицу опроса преобразуем в матрицу преобразованных рангов по формуле и рассчитываем вес по полученным значениям. Результат представлен в таблице 2.

Таблица 2

*Веса критериев*

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4	5	$\Sigma$	Вес $\lambda$
1	7	8	9	6	6	36	0.16
2	6	6	4	4	5	25	0.1111
3	8	0	7	7	8	30	0.1333
4	5	7	6	5	4	27	0.12
5	3	5	0	3	3	14	0.06222
6	4	3	1	2	2	12	0.05333
7	2	2	3	0	1	8	0.03556

8	1	1	2	1	0	5	0.02222
9	0	4	5	8	7	24	0.1067
10	9	9	8	9	9	44	0.1956
Итого						225	1

Зачастую получение итогового столбца весов критериев не является последним шагом исследования. Это связано с имеющимся разбросом мнений экспертов (в нашем примере это следует из значения  $W = 0,693$ ). Вообще, несогласованность мнений экспертов – это, скорее, положительный фактор в оценке альтернатив. Так, один из крупнейших отечественных специалистов по принятию решений, Б.Г. Миркин, пишет «К счастью, обычно не все оценки совпадают» [6, стр. 162]. Дело в том, что интуитивно предполагается, что есть некая «правильная» ранжировка альтернатив, а те или иные группы экспертов дают свои оценки с некоторыми отклонениями от этой «правильной» ранжировки. Но это чаще всего не так. Изучая новые управленческие решения, новые производства, новые явления, мы никогда не можем заведомо знать некую идеальную оценку альтернативных вариантов. Поэтому разброс мнений экспертов – это и есть фактическая оценка, и нужно этот разброс учитывать при расчёте итоговых рангов [7].

При построении итогового столбца весов критериев в таблице 2 было взято обычное среднее арифметическое оценок экспертов. Другими словами, столбец весов критериев есть произведение матрицы  $X = \{x_{ij}\}$  частных оценок экспертов на вектор компетентности экспертов  $q = \{0,2; 0,2; 0,2; 0,2; 0,2\}$ , так как мы полагали, что все пятеро экспертов имеют равные компетентности. И одним из способов повышения непротиворечивости экспертных оценок является переоценка компонент вектора  $q$  с учетом фактических ответов каждого эксперта, при этом тот эксперт, который дал лучшую оценку проекту, набравшему большую сумму рангов, получает больший вес.

Нами применяется другой способ, не меняющий удельный вес экспертов.

Переместим для этого нуль шкалы каждого эксперта в точку среднего арифметического, получим новую матрицу – матрицу отклонений:

$$y_{ij} = x_{ij} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij}$$

Для наглядности неоднородности суждений экспертов на рис. 1 построены контурные линии по матрице  $Y$ .

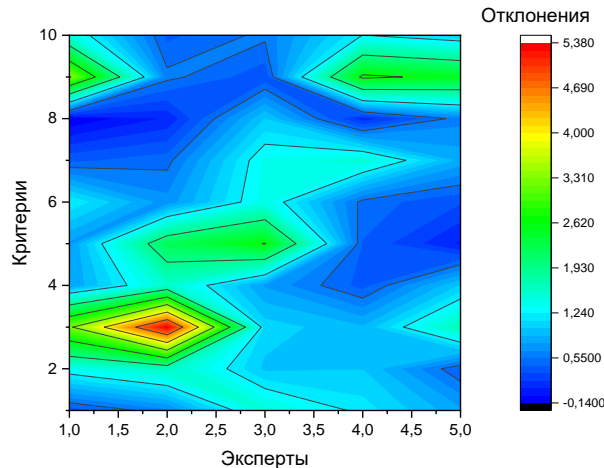


Рис. 1. Неоднородность суждений экспертов

Новую матрицу  $Y = |y_{ij}|$  была проранжируема по аналогии с таблицей 2. Результирующий вектор рангов критериев получен как среднее геометрическое. В таблице 3 приведены критерии К1 – К10, их первоначальный вес – по последнему столбцу таблицы 2, и их итоговый вес, полученный с учётом матрицы отклонений.

*Итоговые значения весов*

К	Вес $\lambda$	Итоговый вес
K1	0,16	0,126
K2	0,111	0,117
K3	0,133	0,063
K4	0,12	0,119
K5	0,062	0,064
K6	0,0533	0,0527
K7	0,0355	0,032
K8	0,02222	0,036
K9	0,1067	0,065
K10	0,1956	0,325

Хорошо видно, как изменились весовые коэффициенты. Тройка лидеров была (K10, K1, K3), стала (K10, K1, K4). Значительно изменились и соотношения между другими критериями.

**Заключение**

В работе были рассмотрены основные критерии оценки надежности контрагентов, проведена их ранжировка. Была показана возможность пересмотра рангов альтернатив за счёт работы с матрицей отклонений. В дальнейшем этот подход может быть использован в принятии решений о сотрудничестве компаний и при решении иных управленческих проблем с привлечением экспертных оценок.

**Список использованных источников**

1. Землянский Д.Ю., Калиновский Л.В., Медведникова Д.М., Чуженькова В.А. Оценка рисков приостановки деятельности иностранных компаний для экономики и рынков труда регионов России // Экономическое развитие России. – 2022. – Т. 29, № 4. – 4 с.
2. Медиа о маркетинговых технологиях, рекламных агентствах и онлайн-сервисах // Сервисы проверки контрагентов: сайт. – 2023. – URL: [https://marketing-tech.ru/online-services\\_tags/counterparty-verification-services/](https://marketing-tech.ru/online-services_tags/counterparty-verification-services/)
3. Грачев А.В., Сикорская Л.В., Виноградова Ю.А. Оценка надежности контрагентов как инструмент обеспечения экономической безопасности хозяйствующего субъекта // Экономика, менеджмент, предпринимательство. Цифровая трансформация бизнеса. Санкт-Петербург : Ивэкофин, 2022. – № 4(54). – С. 44 - 46
4. Кодекс по предупреждению коррупции в бизнес-секторе. Обновленная версия // Швеция : IMM, 2022.
5. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. – М: Патент, 1996. – 271 с.
6. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. – М.: Наука, 1974. – 256 с.
7. Литвак Б.Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа, М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.

# ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АНАЛИЗЕ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ТЕНДЕНЦИЙ

*Вакуленко Д.А.*

*Студент ЮУрГУ, ВШЭУ, ЭУ-107, 00vakulenko@gmail.com*

## **Введение**

В последние десятилетия применение искусственного интеллекта в анализе экономических данных стало одним из ключевых факторов, определяющих новый этап в развитии современной экономики. Этот подход к анализу данных имеет ряд существенных преимуществ, которые делают его весьма перспективным в контексте современной эры информационных технологий.

Цель настоящей статьи заключается в исследовании и анализе основных аспектов применения искусственного интеллекта в экономике, а также в оценке его влияния на принятие экономических решений. Основной идеей работы является выявление преимуществ, ограничений и перспектив применения искусственного интеллекта в анализе экономических данных, а также рассмотрение ключевых аспектов использования искусственного интеллекта в процессе принятия решений, включая анализ данных, прогнозирование, управление рисками, автоматизацию решений, персонализированный подход, оптимизацию ресурсов, мониторинг и реагирование.

## **Основная часть**

Применение искусственного интеллекта в анализе экономических данных имеет несколько преимуществ:

1) Обработка больших объемов данных. Одним из главных преимуществ применения искусственного интеллекта в анализе данных является его способность обрабатывать огромные объемы информации. Экономические данные могут быть сложными и многомерными, содержать временные ряды и информацию из различных источников. Искусственный интеллект может справляться с этой сложностью и выделять значимые закономерности и связи, которые могут быть упущены с использованием традиционных статистических методов. Использование искусственного интеллекта для анализа больших объемов экономических данных применяется в различных областях экономики. Например, на финансовых рынках, искусственный интеллект используется для принятия решений о покупке и продаже акций, определения рисков и прогнозирования цен. В маркетинге, искусственный интеллект помогает компаниям анализировать данные о потребителях и оптимизировать свои рекламные кампании. В макроэкономике, искусственный интеллект может помочь в прогнозировании ВВП, инфляции и безработицы на основе разнообразных данных.

2) Выявление сложных зависимостей и паттернов. Искусственный интеллект основан на алгоритмах машинного обучения и нейронных сетях, которые позволяют выявлять сложные зависимости и паттерны в данных [4]. Это особенно важно для экономических данных, так как многие экономические процессы могут быть нелинейными и зависеть от множества факторов. Используя искусственный интеллект, исследователи и аналитики могут более точно предсказывать экономические тенденции и принимать обоснованные решения. Выявление сложных зависимостей и паттернов с использованием искусственного интеллекта не только улучшает качество анализа экономических данных, но также обеспечивает более обоснованные и информированные решения в экономике и бизнесе. Это приводит к более эффективному управлению ресурсами, оптимизации бизнес-процессов и снижению рисков, что является ключевым элементом успеха в современном мире.

3) Автоматизация анализа данных. Традиционный анализ экономических данных требует большого количества времени и усилий для обработки и интерпретации информации. Искусственный интеллект позволяет автоматизировать этот процесс, что значительно увеличивает эффективность анализа. Автоматизация также уменьшает вероятность человеческих ошибок и позволяет аналитикам сосредотачиваться на более сложных задачах и принятии решений на основе полученных результатов. Традиционный анализ экономических данных может потребовать значительного времени и усилий. Искусственный интеллект способен обрабатывать большие объемы данных гораздо быстрее и более эффективно, что позволяет анализировать информацию в реальном времени. Это особенно важно при принятии решений, связанных с финансами и инвестициями, где скорость реакции на рыночные изменения имеет большое значение.

Применение методов машинного обучения, таких как алгоритмы временных рядов и ARIMA-модели [3], позволяет строить прогнозы будущих значений экономических показателей на основе исторических данных. Это может быть полезным в прогнозировании спроса на товары и услуги, роста ВВП, изменения уровня безработицы и других экономических явлений.

Искусственный интеллект позволяет строить регрессионные модели, которые учитывают взаимосвязи между различными экономическими переменными. Это может помочь выявить факторы, оказывающие наибольшее влияние на определенные экономические показатели, а также предсказать их будущее поведение при изменении этих факторов.

Мощным инструментом для обработки данных и прогнозирования экономических тенденций являются искусственные нейронные сети (ИНС) [1]. ИНС способны выявлять сложные нелинейные зависимости между переменными и строить точные прогнозы на основе этих зависимостей. Это делает ИНС особенно полезными для анализа финансовых рынков и прогнозирования их колебаний.

Важным этапом в анализе экономических данных является оценка качества прогнозов. Для этого используются различные метрики, такие как средняя абсолютная ошибка, средняя квадратичная ошибка и другие. Оценка точности прогнозов позволяет определить эффективность применения искусственного интеллекта в анализе экономических данных и сравнить результаты с традиционными методами прогнозирования.

Применение искусственного интеллекта в анализе данных также сопряжено с определенными рисками и ограничениями [2]. Недостаток интерпретируемости некоторых моделей искусственного интеллекта может затруднить объяснение причин прогнозируемых экономических тенденций. Кроме того, неправильная подготовка исходных данных может привести к ошибкам в прогнозах, что требует особой внимательности и качественного анализа данных перед применением искусственного интеллекта.

Применение искусственного интеллекта в экономике вызывает вопросы о прозрачности и ответственности. Некоторые модели искусственного интеллекта могут быть сложными для интерпретации, что затрудняет объяснение причин принятых решений и прогнозируемых тенденций. Это может стать проблемой в контексте принятия важных экономических решений, таких как изменение политики денежной эмиссии или реакция на экономические кризисы.

Использование искусственного интеллекта для принятия решений представляет собой современную практику, которая трансформирует способ, которым мы анализируем информацию и принимаем стратегические, тактические и оперативные решения в различных областях. Ключевые аспекты использования искусственного интеллекта в процессе принятия решений:

1. Анализ данных: искусственный интеллект позволяет быстро и точно анализировать большие объемы данных. Это особенно важно в контексте экономических решений, где необходимо учитывать множество факторов, включая макроэкономические индикаторы, финансовые данные, рыночные тренды и многие другие. Искусственный интеллект может выделять важные закономерности и паттерны, что облегчает процесс принятия решений.

2. Прогнозирование: искусственный интеллект позволяет создавать точные прогностические модели. Например, в экономике, он может использоваться для прогнозирования роста ВВП, инфляции, курсов валют, спроса на товары и услуги и других экономических показателей. Эти прогнозы могут быть использованы для разработки стратегий и планирования ресурсов.

3. Управление рисками: искусственный интеллект помогает идентифицировать и анализировать риски, связанные с различными решениями. Это может быть полезно в инвестиционных решениях, управлении портфелем, страховании и других областях. Искусственный интеллект может предупредить о возможных рисках и помогать разрабатывать стратегии и тактики по их снижению.

4. Автоматизация решений: в некоторых случаях, искусственный интеллект может автоматизировать процесс принятия решений. Это особенно применимо в рутинных задачах и решениях, основанных на четких правилах. Например, автономные системы могут автоматически принимать решения о покупке или продаже акций на бирже.

5. Персонализированный подход: искусственный интеллект позволяет создавать персонализированные решения, учитывая уникальные потребности и предпочтения клиентов. Это важно в маркетинге, рекламе и в сферах, где важна индивидуальная адаптация к клиентам.

6. Оптимизация ресурсов: искусственный интеллект помогает оптимизировать использование ресурсов, включая финансовые, человеческие и временные ресурсы. Это особенно важно для компаний, которые стремятся максимизировать свою эффективность и прибыльность.

7. Мониторинг и реагирование: искусственный интеллект позволяет создавать системы мониторинга, которые непрерывно отслеживают изменения в данных и автоматически реагируют на них. Это может быть полезно для оперативного управления в реальном времени.

Применение искусственного интеллекта может привести к автоматизации некоторых видов экономической деятельности, что может повлиять на рынок труда. Некоторые профессии могут стать излишними, что может привести к потере рабочих мест и необходимости переквалификации рабочей силы. Однако, также возникают новые возможности для создания рабочих мест в сфере разработки и обслуживания искусственного интеллекта.

### **Заключение**

Искусственный интеллект предоставляет многообещающие возможности для анализа данных и прогнозирования экономических тенденций. Применение методов машинного обучения и искусственных нейронных сетей позволяет обрабатывать большие объемы данных, выявлять сложные зависимости и принимать обоснованные решения. Однако, применение искусственного интеллекта сопряжено с рисками и ограничениями, которые необходимо учитывать при его использовании. Важно также обратить внимание на этические и социальные аспекты применения искусственного интеллекта, чтобы обеспечить ответственное использование этой технологии в экономике. В дальнейшем, развитие искусственного интеллекта будет продолжаться, и это откроет новые возможности для улучшения анализа данных и прогнозирования экономических тенденций.

### **Список использованных источников**

1. Бородин Г.Д. Краткий обзор и классификация искусственных нейронных сетей / Г.Д. Бородин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 11. – С. 45-53.
2. Кулакова Л.И. Инновационные риски применения искусственного интеллекта в предпринимательских структурах / Л.И. Кулакова // Вестник Академии знаний. – 2022. – № 3 (50). – С. 180-185
3. Миролюбова А.А. ARIMA - прогнозирование спроса производственного предприятия / А.А. Миролюбова, А.Д. Ермолаев, М.Б. Прокофьев // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2021. – № 2 (66). – С. 50-55.
4. Цуканова О.А. Машинное обучение как новый этап в развитии business intelligence-систем / О.А. Цуканова, А.А. Ярская, А.А. Торосян // Проектирование и обеспечение качества информационных процессов и систем. – Санкт-Петербург : СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2022. – С. 120-123.

# НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ПОДХОДЫ К РАСЧЕТУ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В МОДЕЛЯХ СПИНОВОГО СТЕКЛА

Капитан Д.Ю.<sup>1</sup>, Рыбин А.Е.<sup>2</sup>, Васильев Е.В.<sup>3</sup>, Капитан В.Ю.<sup>4</sup>, Нефедев К.В.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Дальневосточный федеральный университет, департамент теор. физики и интелл. технологий,  
e-mail: kapitan.diu@dvfu.ru

<sup>2</sup> Дальневосточный федеральный университет, департамент теор. физики и интелл. технологий,  
e-mail: rybin.ae@dvfu.ru

<sup>3</sup> Дальневосточный федеральный университет, департамент теор. физики и интелл. технологий,  
e-mail: vasiliev.ev@dvfu.ru

<sup>3</sup> Дальневосточный федеральный университет, департамент теор. физики и интелл. технологий,  
e-mail: kapitan.vyu@dvfu.ru

<sup>4</sup> Дальневосточный федеральный университет, Директор департамента теоретической физики  
и интеллектуальных технологий, e-mail: nefedev.kv@dvfu.ru

## Введение

В последние десятилетия алгоритм Метрополиса стал одним из основных методов исследования систем со сложными взаимодействиями. Однако этот подход постоянно развивается и совершенствуется благодаря стремительному развитию вычислительной техники и появлению инновационных вычислительных методов, таких как машинное обучение и нейронные сети. Машинное обучение появилось в области статистической физики сравнительно недавно, но развивается быстрыми темпами. Как показано в [1-3], появились различные методики для вычисления критической температуры спиновых конфигураций.

Аналогичным образом, в работе [4] была представлена параллельная методика классификации различных фаз в спиновых системах в зависимости от таких параметров, как DMI и внешнее магнитное поле  $H_z$ , с использованием нейронной сети. Основное внимание в данном исследовании мы уделяем оценке эффективности различных архитектур нейронных сетей для предсказания фундаментальных термодинамических свойств моделей спиновых стекол Эдвардса-Андерсона.

## Описание алгоритма

Предметом нашего рассмотрения является модель спинового стекла, первоначально сформулированная Эдвардсом и Андерсоном в 1975 году [5]. Эта модель представляет собой квадратную решетку, состоящую из взаимодействующих спинов Изинга, для которых характерны фрустрации, проявляющиеся в виде интенсивной борьбы между ферромагнитными и антиферромагнитными взаимодействиями. Взаимодействие  $J_{ij}$  между соседними парами спинов ( $ij$ ) может принимать значения +1 или -1, причем эти значения флуктуируют при переходе от одной пары к другой. Гамильтониан имеет следующий вид:

$$E = \sum_{\langle i,j \rangle} J_{ij} S_i S_j, \quad (1)$$

где  $S_i, S_j$  - спины решетки,  $\langle i,j \rangle$  обозначает суммирование по парам взаимодействующих спинов в системе размером  $N$ .

Мы исследовали, как архитектура нейронной сети влияет на качество прогноза. Мы сравнили результаты работы полносвязанных нейронных сетей с разным количеством скрытых слоев с результатами работы предложенных нами архитектур нейронных сетей, включающих разное количество слоев и разные стратегии соединения нейронов между слоями.

На вход нейронных сетей мы подавали конфигурации связей и значения температуры, используя их для прогнозирования средней энергии и намагниченности в качестве выходного сигнала. Путем тщательного моделирования методом Монте-Карло мы скрупулезно рассчитали среднюю энергию и намагниченность для обширного набора из 41 000 уникальных конфигураций спинового стекла  $6 \times 6$  и  $10 \times 10$  в спектре из 60 различных температур от 0,1 Т до 6,0 Т.

Наши исследования начались с конфигурации спинового стекла, характеризующейся однородным взаимодействием ( $J_{ij} = 1$ ), что представляет собой ферромагнитный сценарий. В дальнейшем мы планомерно вводили в систему различные степени отрицательных взаимодействий. Распределение конфигураций для каждого сценария было пропорционально биномиальному коэффициенту  $C_n^k$ , где « $n$ » означает общее число связей, а « $k$ » - число отрицательных связей.

Пример предсказаний значений энергии и намагниченности для разных тестовых конфигураций показан на рис. 1. Видно, что сеть с пользовательской архитектурой показывает более точные результаты предсказания для тестовых систем.

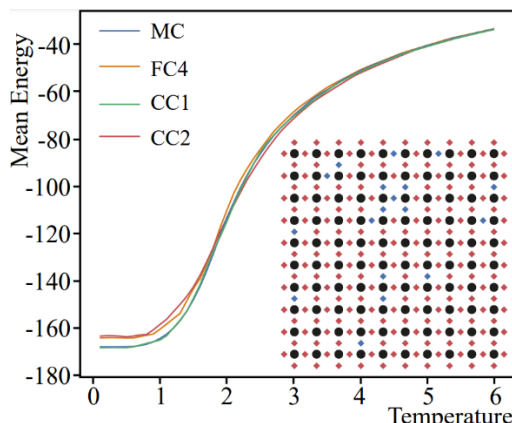


Рис. 1. Сравнение средней энергии, полученной с помощью реплично-обменного МК (MC), с предсказанием нейронных сетей различных архитектур (FC4, CC1 и CC2).

Конфигурация рассчитываемого спинового стекла приведена в нижнем правом углу рисунка. Черными кругами обозначены спины, красными ромбами обозначены связи  $J = 1$ , а синим  $J = -1$

### Заключение

В данной работе мы представили новый подход к оценке термодинамических средних в контексте сложной модели спинового стекла с использованием глубоких нейронных сетей. Мы исследовали, как конфигурация нейронных сетей влияет на эффективность и точность расчетов в области моделей спиновых стекол, в частности моделей с размерами  $N = 6 \times 6$  и  $10 \times 10$ , характеризующихся различными распределениями обменного интеграла  $J$ . Для повышения точности и уменьшения погрешностей по сравнению с традиционными полносвязными моделями были разработаны специальные нейросетевые архитектуры.

Использование кастомных нейронных сетей позволяет существенно сократить время вычислений, что часто дает значительные результаты по сравнению с трудоемкими классическими численными методами, традиционно используемыми для моделирования сложных систем спиновых стекол.

Исследование ведется в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № 122052500009-6.

### Список использованных источников

1. Shiina K., Mori H., Okabe Y. & Lee H.K. Machine-learning studies on spin models // Scientific reports. – 2020. – № 10(1). – P. 1–6.
2. Newman C. and Stein D. Ground-state stability and the nature of the spin glass phase // Physical Review E. – 2022. – 105(4). – P. 044132.
3. Kapitan Dmitrii at al. Chapter One - Application of machine learning in solid state physics // Solid State Physics. – 2023. – Vol. 74 – P. 1–65.
4. Kapitan V., Vasiliev E., Perzhu A., at al., AIP Advances. – 2021. – 11.
5. Edwards S.F., Anderson P.W. Theory of spin glasses // Journal of Physics F: Metal Physics. – 1975. – Vol. 5. – №. 5. – P. 965.



# МЕТОДЫ КВАНТОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Иванов Е.А.<sup>1</sup>, Мамонова Т.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский Политехнический Университет, ИШИТР, А3–36, eai13@tpu.ru

<sup>2</sup>Томский Политехнический Университет, к.т.н., доцент ОИТ, ИШИТР, stepte@tpu.ru

## Введение

С развитием технологий нейронные сети постепенно начинают переходить с высоко производительных громоздких платформ на более компактные микроконтроллеры. Такой переход позволяет создавать малогабаритные устройства с низким энергопотреблением и меньшей стоимостью. Вместе с тем микроконтроллеры снабжены гораздо меньшим количеством оперативной и постоянной памяти и имеют меньшую частоту работы вычислительного ядра. Модели даже относительно простых нейронных сетей могут иметь достаточно большой размер по меркам современных микроконтроллеров. В добавок к этому, далеко не каждый микроконтроллер включает в себя такие модули, как блок вычислений с плавающей точкой. В связи с этими фактами необходим набор алгоритмов для оптимизации моделей нейронных сетей с целью их реализации на малопроизводительных устройствах.

Целью данной работы является обзор современных подходов для оптимизации и сжатия модели нейронной сети при использовании ее на микроконтроллерах.

## Основная концепция квантования нейросетевых моделей

Основной задачей при обучении модели нейронной сети является оптимизация следующей функции:

$$F(W) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r(x_i, y_i, W), \quad (1)$$

где  $N$  – количество входных данных,  $(x_i, y_i)$  – эталонный набор вход-выходных данных,  $W$  – совокупность параметров нейросетевой модели, по которым происходит обучение (весовые значения),  $r(x_i, y_i, W)$  – функция потерь.

Основная концепция квантования заключается в сжатии модели за счет снижения точности весов модели и дискретизации функций активации, а также в снижении затрат времени процессора при расчёте модели за счет применения естественных для аппаратного обеспечения представлений данных.

Сегодня для квантования в основном используется переход от значений формата *float32*, который широко используется при создании, обучении и просчёте моделей нейронных сетей, к целочисленному формату со снижением разрядности, обычно это *int8* или *int16* [1]. Такой переход позволяет сократить количество используемой памяти для хранения модели в среднем до 50 % [2], а также снизить нагрузку на вычислительное устройство.

## Оператор квантования

В первую очередь при выполнении квантования модели нейронной сети необходим оператор, с помощью которого будет возможно преобразовать значение из базового *float32* в значение с более низкой точностью. Такой оператор называют *оператором квантования*.

Данный оператор необходим для преобразования из действительного значения  $R$  в квантованное значение  $Q$ . Преобразование может быть *равномерным* (2) или *неравномерным* (3) (см. рис. 1).

$$Q(R) = \text{round}\left(\frac{R}{S}\right) - Z, \quad (2)$$

$$Q(R) = q_i, R \in [r_i, r_{i+1}), \quad (3)$$

где  $R$  – действительное значение *float32*, представляющее собой выходное значение функции активации или значение веса модели,  $Z$  – смещение нуля в области квантованных значений,  $S$  – коэффициент преобразования действительного значения в квантованное,  $q_i$  –  $i$ -е квантованное значение,  $r_i$  – действительное значение, соответствующее  $i$ -му квантованному значению,  $\text{round}(x)$  – функция округления или отсечения дробной части.

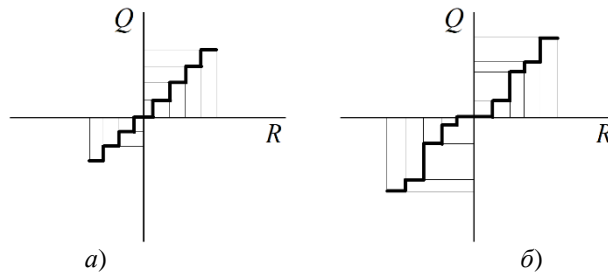


Рис. 1. Графическое представление способов квантования:  
а) равномерное, б) неравномерное

При неравномерном квантовании прибегают к использованию нелинейных зависимостей. Например, в работах [3, 4] был применен закон нормального распределения, а в [5] была использована логарифмическая зависимость при описании квантованных величин. Тем не менее, зачастую использование неравномерно квантования подход может оказаться не самым оптимальным из-за потенциальной сложности вычисления квантованных значений при нелинейных зависимостях (например, использующих логарифмическое или нормальное распределение). В связи с этим на практике зачастую прибегают к использованию равномерного квантования, при котором распределение квантованных значений подчиняется линейному закону.

При квантовании одним из важных вопросов является подбор параметра  $S$  в (2). Формально  $S$  описывается в следующем виде:

$$S = \frac{\beta - \alpha}{2^B - 1}, \quad (4)$$

где  $[\beta; \alpha]$  – диапазон действительных значений,  $B$  – количество бит целочисленного типа квантованных значений.

При формировании параметра  $S$  существует два общепринятых подхода: *симметричное квантование* и *асимметричное квантование*. Графическое представление обоих подходов представлено на рис. 2.

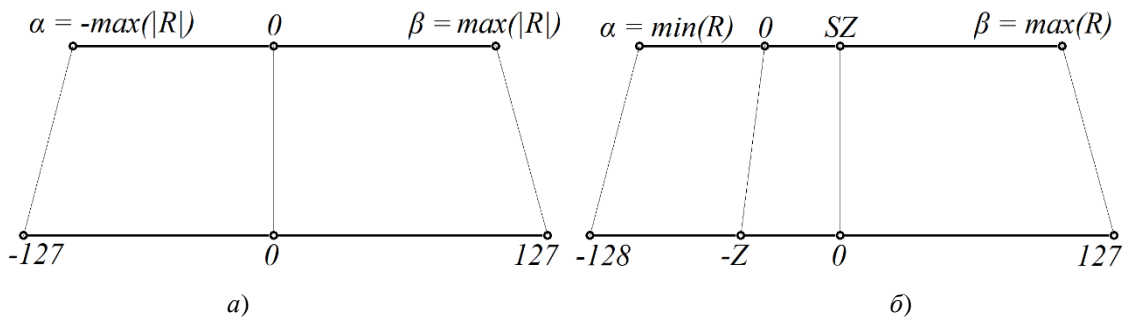


Рис. 2. Графическое представление способов квантования по подбору диапазонов действительных значений:  
а) – симметричное, б) – асимметричное

Как видно из рис. 2, а, симметричное квантование подразумевает собой подбор равноудаленных от  $Z = 0$  параметров  $\alpha$  и  $\beta$ , что упрощает расчёт формулы (2), приводя её к следующему виду:

$$Q(R) = \text{round}\left(\frac{R}{S}\right). \quad (5)$$

Но в то же время при этом происходит потеря в точности из-за создания симметричных условий дополнительными действительными значениями. Это может быть особенно важно при квантовании ряда функций активации, например, часто используемой ReLU (Rectified Linear Unit), где существуют только неотрицательные действительные значения, что приводит к двукратному уменьшению диапазона квантованных значений.

Асимметричное квантование, в свою очередь, использует напрямую весь диапазон действительных значений, что усложняет вычисления, но при этом имеет более узкий диапазон действительных и

квантованных значений, что положительно сказывается на точности модели за счет отсутствия неиспользуемых квантованных значений [6].

### Калибровка модели при квантовании

Основными параметрами, подлежащими квантованию, как было описано выше, являются веса модели и функции активации. Первые квантуются непосредственно на обученной модели, так как их значения являются фиксированными (исключая случаи, когда модель дополнительно обучается в процессе работы). Квантование функций активации является более сложной задачей, так как заранее неизвестны их выходные значения. Для этого производится калибровка модели с целью поиска лучшего диапазона значений  $[\beta; \alpha]$  для параметра  $S$  из формулы (2).

В общем случае под калибровкой подразумевается аппроксимация функции активации на некотором диапазоне. Для этого через уже обученную модель пропускают выборку данных, по которым находят диапазон значений  $[\beta; \alpha]$ , после чего по найденному  $[\beta; \alpha]$  происходит дискретизация функции активации.

Существует два основных подхода проведения калибровки: динамическая калибровка и статическая калибровка.

Статическая калибровка подразумевает наличие некоторой выборки данных [4, 7]. С помощью данной выборки происходит поиск  $[\beta; \alpha]$  и дискретизация функции до того, как модель будет встроена в устройство и запущена. Это позволяет получить дискретную функцию еще до начала работы модели на целевом устройстве и не тратить процессорное время на дополнительные преобразования при расчёте модели.

При динамической калибровке, напротив, квантование функций активации происходит в реальном времени непосредственно по тем значениям, которые поступают с их выходов [6]. Данный подход позволяет добиться лучшей точности в сравнении со статической калибровкой за счет использования только тех данных, которые модель получает при работе. Однако такой подход значительно увеличивает время расчёта модели из-за необходимости дополнительно проводить дискретизацию для функций активации.

Несмотря на более высокую точность динамической калибровки, сегодня в подавляющем большинстве случаев прибегают к статической калибровке. Это связано с дополнительной нагрузкой при расчете диапазона выходных данных при динамической калибровке, что может снизить частоту обработки модели.

Калибровка может проводиться как по целому слою модели [9], так и по каждому отдельному каналу (по каждой функции активации) отдельно [4, 8]. В этом смысле калибровку делят на послойную калибровку и на поканальную калибровку.

В случае послойной калибровки диапазон  $[\beta; \alpha]$  для всех каналов в пределах слоя един. При поканальной калибровке данный диапазон уникален для каждого канала. Выбор послойной или поканальной калибровки зависит от целевой платформы. С одной стороны поканальная калибровка потребует дополнительной памяти для хранения диапазонов  $[\beta; \alpha]$  и дополнительного процессорного времени. С другой стороны, послойная калибровка, как обозначено в [7], может привести к потере точности модели в тех случаях, когда имеется заметное различие в разбросе действительных значений различных функций активации в пределах слоя модели. В работе [7] рассматриваются различные подходы при выборе одного из данных методов. Помимо двух упомянутых базовых подходов, в [7] также предлагается гибридный вариант квантования по группе каналов, где общий диапазон действительных значений применяется к части каналов одного слоя модели.

### Алгоритмы формирования квантованной модели с минимальной потерей точности

При квантовании модели нейронной сети зачастую происходит значительное снижение точности как следствие снижения разрешения параметров. Существует два основных метода формирования квантованной модели нейронной сети с минимальной потерей точности: обучение с учетом квантования (Quantization-Aware Training или QAT) и квантование после обучения (Post-Training Quantization или PTQ). Процесс квантования для обоих подходов представлен на рис. 3.



Рис. 3. Алгоритмы методов формирования квантованных моделей:  
 а) обучение с учётом квантования, б) квантование после обучения

Обучение с учетом квантования использует готовую обученную модель нейронной сети. Процесс повторного обучения квантованной модели является итерационным. На каждой итерации происходит квантование весов и просчитывается прямое распространение сигнала по модели нейронной сети. После этого просчитывается обратное распространение ошибки, в ходе которого используются исходные значения с плавающей точкой. Использование исходных значений необходимо для возможности аккумулирования значений весов [10, 11]. Как только произошло формирование новых исходных значений весов происходит повторное квантование и цикл начинается снова. Основной минус такого подхода заключается в необходимости дополнительного обучения на выборке того же размера, что и исходная, то есть обучение будет производиться дважды. Тем не менее, указанным методом можно получить исходную или незначительно сниженную точность для квантованной модели [2]. Примеры использования данного подхода представлены в работах [10, 11].

Менее затратным в плане времени является второй способ – квантование после обучения. Его применение демонстрируется в [12, 13]. Данный подход требует относительно небольшую выборку для калибровки диапазонов  $[\beta; \alpha]$  и расчета параметра оператора  $S$  квантования. После калибровки происходит квантование функций активации и весов модели с помощью оператора квантования. Хотя данный метод квантования модели очень прост и не требует больших вычислительных ресурсов, результирующая точность модели может снизиться в большей степени, чем при обучении с учётом квантования [2].

Сегодня оба рассмотренных алгоритма обработки модели нейронной сети поддерживаются в известных программных пакетах. Широко известный TensorFlow выполняет квантование из *float32* в *int8* и *int16* посредством как Post-Training Quantization (PTQ), так и Quantization-Aware Training (QAT) [2]. Такой же набор алгоритмов имеется и в программе PyTorch [8].

## Заключение

В данной работе были представлены основные подходы, используемые при сжатии моделей нейронных сетей и их адаптации к малопроизводительному аппаратному обеспечению. Были описаны базовые принципы квантования и алгоритмы, позволяющие проводить квантование с минимальными потерями в точности.

Представленная работа является кратким обзором современных методов квантования. В дальнейшем планируется практическая апробация описанных в работе методов с целью интеграции нейросетевых моделей в микроконтроллеры различных семейств с оценкой производительности.

## Список использованных источников

1. Tripathy J.R., Tripathy H.K., Nayak S.S. Artificial Neural Network Implementation in Microchip PIC 18F45J10 8-Bit Microcontroller // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2014. – Vol. 19, № 4 – P. 131–135.
2. TensorFlow Models // Model optimization: сайт. – URL: [https://www.tensorflow.org/lite/performance/model\\_optimization](https://www.tensorflow.org/lite/performance/model_optimization).
3. Cai Z., He X., Sun J., Vasconcelos N. Deep learning with low precision by half-wave gaussian quantization // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition – 2017. – P. 5918–5926.

4. Benoit J., Skirmantas K., Bo C., Menglong Z., Tang M., Howard A., Hartwing A., Kalenichenko D. Quantization and training of neural networks for efficient integer-arithmetic-only inference // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2018. – P. 2704-2713.
5. Zhou A., Yao A., Guo Y., Xu L., Chen Y. Incremental network quantization: Towards lossless cnns with low-precision weights // International Conference on Learning Representations. – 2017.
6. Nagel M., Fournarakis M., Amjad R. A., Bondarenko Y., van Baalen M., Blankevoort T. A White Paper on Neural Network Quantization. – 2021.
7. Yao Z., Dong Z., Zheng Z., Gholami A., Yu J., Tan E., Wang L., Huang Q., Wang Y., Mahoney M. Hawqv3: Dyadic neural network quantization // Proceedings of the 38<sup>th</sup> International Conference on Machine Learning. – 2021. – P. 11875-11886.
8. Huang Q., Wang D., Dong Z., Gao Y., Cai Y., Li T., Wu B., Keutzer K., Wawrzynek J. Codenet: Efficient deployment of input-adaptive object detection on embedded fpgas // The 2021 ACM/SIGDA International Symposium on Field-Programmable Gate Arrays. – 2021. – P. 206-216.
9. Krishnamoorthi R. Quantizing deep convolutional networks for efficient inference: A whitepaper. – 2018.
10. Gysel P., Motamedi M., Ghiasi S. Hardware-oriented approximation of convolutional neural networks // Workshop contribution at ICLR 2016 – 2016.
11. Gysel P., Pimentel J., Motamedi M., Ghiasi S. Ristello: A framework for empirical study of resource-efficient inference in convolutional neural networks // IEEE transactions on neural networks and learning systems. – 2018. – P. 5784–5789.
12. Fang J., Shafiee A., Abdel-Aziz H., Thorsley D., Georgiadis G., Hasoun J. Near-lossless post-training quantization of deep neural networks via piecewise linear approximation. – 2020.
13. Fang J., Shafiee A., Abdel-Aziz H., Thorsley D., Georgiadis G., Hasoun J. Post-training piecewise linear quantization for deep neural networks // European Conference on Computer Vision, Springer. – 2020. – P. 69–86.

# ЗНАЧЕНИЕ ШИФРОВАНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ

Белов С.Д.

Университетский колледж ОГУ, [Glibalssname@gmail.com](mailto:Glibalssname@gmail.com)

## Введение

В современном информационном обществе, где данные играют важную роль во всех сферах деятельности, обеспечение их безопасности становится приоритетной задачей. Шифрование данных является одним из основных инструментов для защиты информации от несанкционированного доступа и утечки.

Шифрование позволяет сохранить конфиденциальность данных, делая их непонятными для злоумышленников, даже при получении доступа к зашифрованным данным. Это достигается путем преобразования информации в непонятный вид с использованием специальных алгоритмов и ключей. Только тот, кто обладает правильным ключом, может расшифровать данные и получить доступ к исходной информации.

Кроме того, шифрование обеспечивает целостность данных. Это означает, что при передаче или хранении информации можно обнаружить любые изменения или повреждения данных. Если данные были изменены или повреждены в процессе передачи или хранения, то при расшифровке они будут отличаться от ожидаемых значений, что позволит обнаружить возможные нарушения. Однако, следует отметить, что процесс шифрования и расшифрования данных может быть ресурсоемким и требовать больше времени для обработки информации. Это особенно важно учитывать при работе с большими объемами данных или при использовании сложных алгоритмов шифрования.

Кроме того, шифрование может быть подвержено атакам. Злоумышленники могут попытаться взломать шифр или получить доступ к ключам шифрования. Поэтому важно выбирать надежные алгоритмы и использовать сложные ключи, чтобы минимизировать риски несанкционированного доступа.

В целом, шифрование данных является неотъемлемой частью обеспечения безопасности информации. Оно позволяет сохранить конфиденциальность и целостность данных, но требует использования надежных методов и алгоритмов шифрования.

## Тезисы

1. Шифрование данных играет важную роль в обеспечении безопасности информации в различных сферах, таких как банковская сфера, медицина и правительственные организации.
2. В банковской сфере шифрование данных защищает финансовую информацию клиентов от кражи и несанкционированного доступа.
3. В медицине шифрование данных обеспечивает конфиденциальность медицинских записей пациентов и защищает их от несанкционированного доступа.
4. В правительственных организациях шифрование данных используется для защиты государственной тайны и конфиденциальной информации.
5. Существуют различные методы шифрования данных, включая симметричное и асимметричное шифрование.
6. Симметричное шифрование использует один и тот же ключ для шифрования и расшифровки данных, требуя безопасной передачи ключа между отправителем и получателем.
7. Асимметричное шифрование использует два разных ключа - публичный и приватный, обеспечивая более высокий уровень безопасности, но требуя больше вычислительных ресурсов.
8. Гомоморфное шифрование позволяет выполнять операции с зашифрованными данными без их расшифровки, что полезно для обработки данных без раскрытия конфиденциальной информации.
9. Шифрование данных может быть использовано для защиты информации на уровне файловой системы или диска, обеспечивая дополнительный уровень безопасности в случае физической кражи или потери устройства.
10. Однако, шифрование данных имеет свои ограничения, такие как замедление процесса обработки и передачи информации, а также невозможность защиты от атак посредника.
11. В заключение, шифрование данных играет важную роль в обеспечении безопасности информации, защищая данные от несанкционированного доступа, обеспечивая их конфиденциальность, целостность и аутентификацию отправителя.

## Описание алгоритма

В современном информационном обществе данные играют важную роль во всех сферах деятельности. Вмешательство злоумышленников и утечка информации могут иметь серьезные последствия, поэтому обеспечение безопасности данных становится приоритетной задачей.

Статья может рассмотреть различные аспекты шифрования данных, такие как его роль в защите конфиденциальности и целостности информации, методы и алгоритмы шифрования, а также возможные уязвимости и способы минимизации рисков несанкционированного доступа.

Также стоит упомянуть о значимости выбора надежных алгоритмов и использования сложных ключей для шифрования данных. Это поможет предотвратить возможные атаки и обеспечить высокий уровень безопасности информации.

В целом, статья по данной теме будет актуальна и интересна для широкой аудитории, включая специалистов в области информационной безопасности, а также для всех, кто хочет узнать больше о значении шифрования данных для обеспечения безопасности информации в современном мире.

Шифрование данных играет критическую роль в обеспечении безопасности информации. В наше время, когда все больше данных хранится и передается через различные сети, защита конфиденциальности и целостности стала приоритетом для многих организаций и частных лиц. Шифрование данных предоставляет эффективный механизм для достижения этой цели.

Конфиденциальность является одним из основных аспектов безопасности данных. Шифрование позволяет преобразовать информацию в непонятный вид, который невозможно прочитать без специального ключа. Даже если злоумышленник получит доступ к зашифрованным данным, он не сможет расшифровать их и получить ценную информацию. Это особенно важно для сохранения личных данных, финансовой информации и коммерческих секретов.

Целостность данных также является важным аспектом безопасности. Шифрование помогает обнаружить любые изменения, которые могли произойти в данных в процессе передачи или хранения. Если данные были изменены, то при расшифровке они будут выглядеть неправильно, что позволяет обнаружить возможные нарушения целостности. Это особенно важно для предотвращения манипуляций с данными, таких как вставка вредоносного кода или изменение критической информации.

Аутентификация - еще одно преимущество шифрования данных. При использовании асимметричного шифрования отправитель может подписать данные своим приватным ключом, что позволяет получателю убедиться в их подлинности. Это помогает предотвратить подделку данных и обеспечивает доверие между отправителем и получателем.

Однако, несмотря на все преимущества шифрования данных, существуют и некоторые вызовы, и проблемы, которые нужно учитывать. Управление ключами является одной из основных проблем. Ключи должны быть безопасно храниться и передаваться между отправителем и получателем. Кроме того, при использовании симметричного шифрования каждому пользователю необходимо иметь свой собственный ключ, что может быть сложно управлять.

Производительность также является важным аспектом при использовании шифрования данных. Сложные алгоритмы шифрования требуют больше вычислительных ресурсов, что может замедлить процесс передачи и обработки информации. Это особенно важно для организаций, которые обрабатывают большие объемы данных и требуют быстрой обработки.

Также важно учитывать совместимость алгоритмов и ключей между отправителем и получателем. Это может быть проблемой в случае взаимодействия с другими организациями или системами. Необходимо убедиться, что используемые алгоритмы шифрования и ключи совместимы с требованиями и стандартами других сторон.

В целом, шифрование данных является эффективным инструментом для обеспечения безопасности информации. Оно позволяет защитить данные от несанкционированного доступа, обеспечить их конфиденциальность и целостность, а также аутентифицировать отправителя. Однако, при разработке и реализации системы шифрования данных необходимо учитывать проблемы и вызовы, такие как управление ключами и производительность. Безопасность данных – это непрерывный процесс, который требует постоянного обновления и адаптации к новым угрозам и технологиям.

Шифрование данных имеет множество применений в различных областях, включая банковскую сферу, медицину, правительственные организации и т.д. В банковской сфере шифрование данных позволяет защитить финансовую информацию клиентов от кражи или несанкционированного доступа. В медицине шифрование данных обеспечивает конфиденциальность медицинских записей

пациентов и защищает их от несанкционированного доступа. В правительственных организациях шифрование данных используется для защиты государственной тайны и конфиденциальной информации.

Существует несколько основных методов шифрования данных, включая симметричное и асимметричное шифрование. В симметричном шифровании используется один и тот же ключ для шифрования и расшифровки данных. Это простой и быстрый метод, но требует безопасной передачи ключа между отправителем и получателем. В асимметричном шифровании используются два разных ключа - публичный и приватный. Публичный ключ используется для шифрования данных, а приватный ключ - для их расшифровки. Этот метод обеспечивает более высокий уровень безопасности, но требует больше вычислительных ресурсов.

Существует также понятие гомоморфного шифрования, которое позволяет выполнять операции с зашифрованными данными без их расшифровки. Это полезно в случаях, когда требуется обработка данных без раскрытия конфиденциальной информации.

Шифрование данных также может быть использовано для защиты информации на уровне файловой системы или диска. В этом случае все данные на диске или в файловой системе шифруются, что обеспечивает дополнительный уровень безопасности в случае физической кражи или потери устройства.

Однако, несмотря на все преимущества шифрования данных, оно не является панацеей и может иметь свои ограничения. Например, шифрование данных может замедлить процесс обработки и передачи информации, особенно при использовании сложных алгоритмов. Также шифрование данных не защищает от атак посредника, когда злоумышленник получает доступ к зашифрованным данным в процессе их передачи.

## **Заключение**

В современном информационном обществе, где данные играют важную роль во всех сферах деятельности, обеспечение безопасности информации становится приоритетной задачей. Шифрование данных играет решающую роль в этом процессе, обеспечивая конфиденциальность и целостность данных.

Одним из основных преимуществ шифрования данных является защита конфиденциальности. Шифрование позволяет сохранять данные в непонятном виде, доступ к которому имеют только авторизованные пользователи. Это особенно важно для защиты персональных данных, банковской информации и медицинских записей.

Еще одним важным аспектом шифрования данных является обеспечение целостности информации. Шифрование с использованием хэш-функций позволяет обнаруживать любые изменения или повреждения данных. Это помогает предотвратить возможные нарушения целостности.

Однако, несмотря на все преимущества шифрования данных, существуют и некоторые уязвимости. Злоумышленники могут использовать различные методы, чтобы обойти или взломать шифрование. Поэтому, выбор надежных алгоритмов и использование сложных ключей являются важными мерами для минимизации рисков несанкционированного доступа.

В заключение, шифрование данных играет важную роль в обеспечении безопасности информации. Оно обеспечивает конфиденциальность и целостность данных, защищая их от несанкционированного доступа и изменений. Шифрование данных должно быть внедрено во всех сферах деятельности, где данные играют важную роль, чтобы обеспечить высокий уровень безопасности информации.

## **Список используемых источников**

1. Бабаш А.В. Информационная безопасность. Лабораторный практикум: учебное пособие / А.В. Бабаш, В.К. Баранова, Ю.Н. Мельников. – М. : КноРус, 2015. – 136 с
2. Громов 100 Информационная безопасность и защита информации: учебное пособие / Ю.О. Громов, В.О. Драчев, О.Г. Иванова Ст. Оскол : ТНТ, 2017. – 304 с.
3. Астахова Л. Герменевтика в информационной безопасности / Л. Астахова. – М. : LAP Lambert Academic Publishing, 2020. – 296 с.
4. Петров, С.В. Информационная безопасность: Учебное пособие / С.В. Петров, И.П. Слинькова, В.В. Гафнер, М. АРТА, 2016 – 296 с.
5. Семененко, В.А. Информационная безопасность: Учебное пособие / В.А. Семененко М. : МГИУ, 2017. – 777 с



6. Чилига А.Ф. Информационная безопасность автоматизированных систем / А.Ф. Читига М. Гелиос АРВ, 2017. – 336 с.
7. Баранова Е.К. Информационная безопасность и защита информации / Е.К. Баранова. – М. : РИОР, 2018. – 165 с.
8. Глинская Е.В. Информационная безопасность конструкций ЭВМ и систем. Учебное пособие. Гриф МО РФ / Е.В. Глинская. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 594 с.
9. Информационная безопасность открытых систем. В 2 томах. Том 1. Угрозы, уязвимости, атаки и подходы к защите / С.В. Запечников и др. – Москва : Наука, 2021. – 536 с.
10. Мельников, Д. А. Информационная безопасность открытых систем / Д.А. Мельников. – М. : Флинта, Наука, 2018. – 448 с.
11. Цветкова Т.В. Буклет к ширмочке информационной «Правила безопасности на улице» / Т.В. Цветкова. – М. : Сфера, 2020. – 100 с.
12. Примова Л.Л. Информационная безопасность детей. Российский и зарубежный опыт. Монография. Гриф УМЦ «Профессиональный учебник». Гриф Нии обособования и науки. //П.П. Ефимова, С.А. Кочерга, М: Юнити, 2016 719 с
13. Малюк А.А. Информационная безопасность: концептуальные и методологические основы защиты информации / А.А. Малюк М. Глт, 2016 200 с.
14. Ефимова, Л.Л. Информационная безопасность детей. Российский и зарубежный опыт: Монография // п.п. Ефимова, С.А. Кочерга. М. : ЮНИТИ–ДАНА, 2016. – 230 г.
15. Ярочкин В.И. Информационная безопасность. Гриф МО РФ / В.И. Ярочкин. – М. : Академический проект, 2021. – 862 с.
16. Партыка Т.Л. Информационная безопасность: Учебное пособие / Т.Л. Партыка, И.И. Попов. – М. : Форум, 2018. – 88 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ПОТРЕБЛЕНИИ ЭНЕРГИИ

*Балацкий Д.Е.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>филиал ФГБОУ ВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
в г. Смоленске, ИСУ-22(маг.), e-mail: danik.balatskiy@mail.ru*

### **Введение**

В настоящее время энергетический сектор сталкивается с вызовами глобального масштаба, некоторые из которых включают в себя растущие проблемы потребления и эффективности, изменяющиеся тенденции спроса и предложения и недостаток аналитики, необходимой для эффективного управления. Во многих промышленно развитых странах в электроэнергетике уже началось внедрение «искусственного интеллекта и других связанных с ним технологий, которые обеспечивают связь между интеллектуальными сетями, интеллектуальными счетчиками и устройствами Интернета вещей».

Целью данного исследования является оценка потенциального вклада, который технологии искусственного интеллекта и машинного обучения могут внести в расширение производства энергии на российском рынке, где эти проблемы более остры из-за распространенности многочисленных несанкционированных подключений к электросетям, где большое количество энергии не измеряется и не оплачивается. Данное исследование в первую очередь направлено на решение проблем, возникающих из-за частых отключений электроэнергии и повсеместного отсутствия доступа к энергии.

### **Основная часть**

Искусственный интеллект (ИИ), если давать определение в общих чертах – это дисциплина, которая позволяет решать проблемы путем объединения информатики и обширных наборов данных. В дополнение к этому, он включает в себя такие области, как машинное обучение и глубокое обучение, упоминаемые в контексте ИИ в задачах прогноза, классификации, оценки состояния технологических систем [1,2]. Термины «глубокое обучение» и «машинное обучение» иногда используются взаимозаменяемо; тем не менее, между ними существуют важные различия, которые следует четко обозначить. Глубокое обучение – это подотрасль машинного обучения, которая, в свою очередь, является подотраслью ИИ.

Подотрасль ИИ, известная как машинное обучение, связана с созданием и внедрением алгоритмов для систем прогнозирования, классификации и оптимизации на основе данных. «Контролируемое обучение», «Неконтролируемое обучение» и «Обучение с подкреплением» – это три основные области, которые подпадают под понятие «машинного обучения». В контексте машинного обучения контролируемое обучение относится к процессу разработки алгоритмов прогнозирования или классификации при наличии помеченных данных. Эти алгоритмы требуют, чтобы входные данные (предсказатели) были сопоставлены с некоторым результатом (откликом) [3]. Когда результат является категориальным, проблема, которую необходимо решить, заключается в классификации, но когда результат является непрерывным, проблема, которая должна быть решена, заключается в прогнозировании. Такие методы, как линейная и нелинейная регрессия, случайные леса, нейронные сети и деревья решений – все это примеры алгоритмов, которые можно использовать для контролируемого обучения. Формирование шаблонов и тенденций в данных, которые не были помечены, является аспектом неконтролируемого обучения.

В этом случае целью является выявление общих элементов в данных с использованием алгоритмов кластеризации и других подобных подходов [3,4]. К ним относятся следующие: анализ основных компонентов, процесс разработки и развертывания обучающих агентов в среде, позволяющей им максимизировать свои потенциальные выгоды – вот что влечет за собой обучение с подкреплением. Существует потребность в планировании энергетических ресурсов в национальном масштабе, это достигается с помощью Комплексного плана ресурсов (КПР), на основе которого разрабатываются прогнозы спроса и предложения энергии. Это достигается для обеспечения наличия запасов энергии, необходимых для удовлетворения потребностей экономики при различных потенциальных сценариях будущего. До этого момента (КПР) формулировался путем применения традиционных стратегий управления лесным хозяйством, таких как методы временных рядов. Возможно, что модели КПР могут быть улучшены за счет использования подходов машинного обучения для анализа сценариев и прогнозирования. Например, использование методов Монте-Карло для анализа чувствительности и рекуррентных

нейронных сетей для прогнозирования спроса могло бы повысить достоверность сценарного анализа и точность прогнозов соответственно. Оба метода в настоящее время исследуются и развиваются дальше. Применение машинного обучения в энергетических системах, как со стороны выработки энергии, так и со стороны энергопотребления, демонстрирует значительные перспективы. Используя алгоритмы машинного обучения, можно улучшить оптимизацию систем выработки энергии, таких как ветровая и гидроэлектростанция.

Системы прогнозируемого технического обслуживания, которые предполагают использование мониторинга состояния, обычно выполняемого с использованием машинного обучения и Интернета вещей, также могут использоваться для выполнения технического обслуживания систем производства энергии (станций, оборудования и линий электропередач). Когда дело доходит до потребления, энергоэффективность является наиболее важным фактором. Благодаря алгоритмам контролируемого обучения, таким как нейронные сети и другие подобные методы, машинное обучение эффективно оптимизирует потребление. Хорошей иллюстрацией этого может быть система охлаждения. Например, вы должны быть знакомы со средой, в которой он функционирует, ролью, которую он играет, характеристиками ответственных лиц, занятиями, которые происходят в помещении, в котором он расположен, и независимо от того, зима сейчас или лето. В этом контексте машинное обучение работает исключительно хорошо. Инженеру не нужно выполнять рутинные настройки устройства, поскольку оно может принимать широкий диапазон входных значений и извлекать уроки из получаемых данных. Можно добиться существенных изменений, если оптимизировать использование каждого кондиционера, потому что количество кондиционеров, которые продаются и устанавливаются каждый год, исчисляется миллионами.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВКВ) в здании отвечают за поддержание соответствующих температур и уровней влажности. Согласно исследованиям, на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха приходится более половины общего энергопотребления в структуре и используется 10 % от общего объема электроэнергии, используемой во всем мире. Оптимизация систем ОВКВ – это огромная возможность для нас достичь наших целей в области устойчивого развития за счет сокращения потребления энергии и производства углекислого газа.

Как показано на рисунке ниже, очень важно, чтобы при применении ИИ и машинного обучения на российском рынке существовали эффективные партнерские отношения между государственным и частным секторами; финансируемые правительством инвестиции в ИИ и машинное обучение в энергетическом секторе; разработка методов искусственного интеллекта, которые являются подотчетными и надежными; создание надежных показателей для оценки производительности модели искусственного интеллекта; и понимание измерений энергосистемы с помощью физики, проектирования и инжиниринга. Искусственный интеллект и машинное обучение находят все больше и больше применений в общественной и правительственной сферах, особенно в электротехнической и энергетической отраслях. Однако напрямую применять технологии на основе искусственного интеллекта к энергетическим системам рискованно из-за критериев надежности, подотчетности и объяснимости. Это связано с тем, что издержки, связанные с каскадными сбоями и повсеместными отключениями электроэнергии, просто слишком высоки, чтобы общество могло их понести.



Рис. 1. Предложения по искусственному интеллекту и машинному обучению, которые будут эффективными для российского рынка.

## Заключение

В Российской Федерации энергетический сектор сталкивается с широким кругом проблем, некоторые из которых включают рост потребления и эффективности, изменение тенденций в спросе и предложении и отсутствие необходимой аналитики для эффективного управления. Целью этого исследования было оценить, какой потенциальный вклад технологии искусственного интеллекта и машинного обучения могли бы внести в расширение производства энергии в России. Результаты показывают, что ИИ и машинное обучение потенциально могут играть значительную роль в оптимизации энергопотребления, управлении сетью и способности надежно оценивать цены на энергию, а также правильно определять спрос на энергию и энергоэффективность в жилых зданиях. Кроме того, было обнаружено, что инвестиции и разработка методов искусственного интеллекта и машинного обучения в энергетическом секторе должны быть как подотчетными, так и надежными с созданием показателей для оценки эффективности моделей искусственного интеллекта. Обеспечение стабильных поставок энергии, что, в свою очередь, помогает гарантировать производительность предприятий.

## Список использованных источников

1. Dli M., Puchkov A., Lobaneva E. Predicting the Equipment Useful Lifetime Based on the Deep Neural Networks / Kravets, A.G., Bolshakov, A.A., Shcherbakov, M. (eds) // *Cyber-Physical Systems: Intelligent Models and Algorithms. Studies in Systems, Decision and Control.* – 2022. – Vol 417. – [https://doi.org/10.1007/978-3-030-95116-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-95116-0_11)
2. Дли М.И., Пучков А.Ю., Лобанева Е.И. Метод оценки времени полезного использования оборудования на основе нейронных сетей // *Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).* – 2021. – №59 (85). – С. 107-112. DOI: 10.36807/1998-9849-2021-59-85-107-112.
3. Mhlanga, D. Financial inclusion in emerging economies: The application of machine learning and artificial intelligence in credit risk assessment. – Текст: электронный // *Информационные технологии.* – 2021. – URL: <https://www.mdpi.com/2227-7072/9/3/39> (дата обращения: 22.10.2023).
4. Ghodduzi H., Creamer G.G., Rafizadeh N. Machine learning in energy economics and finance: A review. – Текст: электронный // *Информационные технологии.* – 2019. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140988319301513> (дата обращения: 22.10.2023).

# СИСТЕМА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Баторшин Т.Р.<sup>1</sup>, Борисова О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казанский государственный энергетический университет,  
гр. УИТ-1-20, e-mail: timur.batorshin.02@gmail.com

<sup>2</sup>Казанский государственный энергетический университет, к.т.н., доцент,  
e-mail: vladimirobna@mail.ru

## Введение

В постоянно развивающемся мире технологий и программного обеспечения поддержание надежности и работоспособности сложных систем имеет первостепенное значение. Программно-технические комплексы часто работают в динамической среде, что затрудняет обнаружение и устранение проблем в режиме реального времени. В данной статье рассматривается концепция системы диагностического контроля, использующей искусственный интеллект (ИИ), для повышения стабильности, эффективности и безопасности ПТК [1].

## Основная часть

Современные программно-технические комплексы представляют собой сложные сети взаимосвязанных компонентов, выполняющих критически важные функции в самых разных отраслях - от аэрокосмической и автомобильной до здравоохранения и финансов. Эти системы подвержены различным проблемам, включая программные ошибки, аппаратные сбои, нарушения безопасности и снижение производительности. Быстрое обнаружение, диагностика и устранение этих проблем необходимы для предотвращения дорогостоящих простоев и обеспечения безопасности.

Искусственные элементы, такие как искусственный интеллект, машинное обучение и аналитика данных, стали мощными инструментами в области диагностики и управления. Эти технологии способны обрабатывать огромные объемы данных в режиме реального времени, распознавать закономерности и принимать интеллектуальные решения. Интегрированные в систему управления диагностикой, они способны изменить способы контроля и управления программными и техническими комплексами [2].

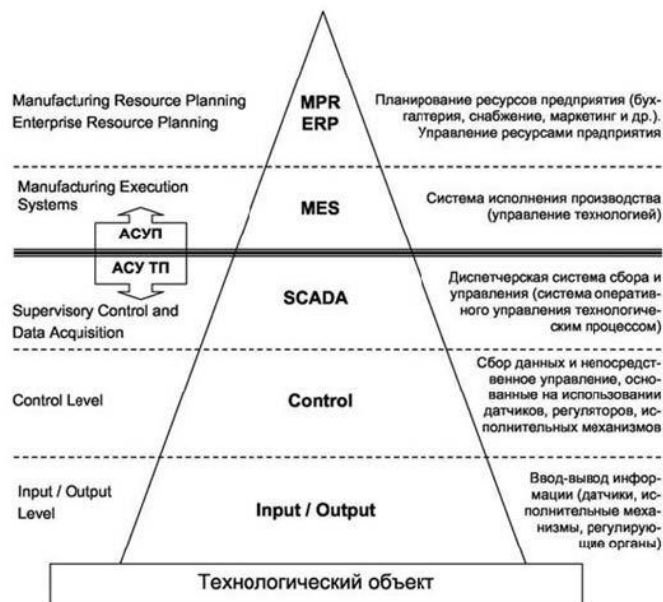


Рис. 1. Схема уровней ПТК

Основные компоненты системы управления диагностикой:

1. Датчики и сбор данных (Input/Output Level, рис. 1): Сеть датчиков, включая температурные датчики, датчики давления, показатели производительности и журналы безопасности, непрерывно собирает данные из различных точек комплекса. Эти данные позволяют в режиме реального времени получать информацию о состоянии и производительности системы.

2. Аналитика на основе искусственного интеллекта: Собранные данные обрабатываются алгоритмами искусственного интеллекта, которые позволяют выявлять аномалии, закономерности, указывающие на проблемы, или отклонения от ожидаемого поведения. Модели машинного обучения позволяют предсказывать проблемы до их возникновения, анализируя исторические данные и выявляя тенденции.

3. Принятие решений в реальном времени: Искусственные элементы системы могут принимать решения в режиме реального времени на основе полученных данных и анализа. Это включает в себя настройку параметров системы, распределение ресурсов или запуск автоматических реакций на проблемы, например, изоляцию скомпрометированных компонентов в случае нарушения безопасности.

4. Автоматические оповещения и отчеты: Система управления диагностикой может генерировать автоматические оповещения и отчеты для системных администраторов. Эти уведомления могут быть настроены таким образом, чтобы информировать соответствующий персонал о критических проблемах или необходимости предстоящего технического обслуживания [3].

Преимущества использования системы управления диагностикой с элементами искусственного интеллекта:

1. Проактивное решение проблем: Благодаря использованию искусственных элементов сложные системы могут решать проблемы в упреждающем режиме, снижая вероятность простоев и дорогостоящих отказов.

2. Оптимизация производительности: Анализ данных в реальном времени позволяет точно настроить параметры системы и распределить ресурсы, что приводит к повышению общей производительности и эффективности.

3. Повышение уровня безопасности: ИИ позволяет быстро обнаруживать нарушения безопасности и автоматически инициировать защитные меры, обеспечивая сохранность конфиденциальных данных и операций.

4. Предиктивное обслуживание: Анализируя исторические данные, система может прогнозировать необходимость технического обслуживания, сокращая время незапланированных простоев и увеличивая срок службы компонентов.

5. Экономия средств: Сокращение количества отказов, простоев и аварийных ремонтов со временем приводит к значительной экономии средств [4].

## **Заключение**

Интеграция искусственных элементов в виде искусственного интеллекта и машинного обучения в систему управления диагностикой программно-технических комплексов - это значительный шаг вперед в повышении надежности, эффективности и безопасности систем. С развитием технологий все большее значение приобретает диагностика и управление сложными системами в режиме реального времени. Использование искусственных элементов не только ускоряет решение проблем, но и открывает путь к предиктивному обслуживанию, оптимизации производительности и экономии средств, что делает эту инновацию ключевой для различных отраслей промышленности.

## **Список используемых источников**

1. Искусственный интеллект в промышленных граничных вычислениях // Журнал СТА: сайт. – 2022. – URL: <https://www.cta.ru/articles/obzory/apparatnye-sredstva/165899/>(дата обращения: 15.10.2023).

2. Музипов Х.Н. Программно-технические комплексы автоматизированных систем управления [Текст] / Музипов Халим Назипович. – 2-е издание, Лань, 2022. – 164 с.

3. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов. М.: Наука, 2012. – 336 с.

4. Винограденко А.М. Методология интеллектуального контроля технического состояния автоматизированной системы связи специального назначения. СПб. : Наукоемкие технологии, 2020. – 180 с.

## ИНСТРУМЕНТЫ АНАЛИТИКИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

*Гордюшкина Е.С., Кривоносова Н.В., Тоток Л.А.  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», elizavetagordutkina@gmail.com*

### Введение

В информационном обществе, где социальные сети занимают центральное место в коммуникациях и информационном обмене, оценка эффективности деятельности в социальных медиа является ключевой задачей для брендов и компаний. Опубликовать контент в социальных сетях – это лишь первый шаг, важно иметь механизмы и инструменты, способные предоставить глубокий анализ и оценку воздействия этого контента. Таким образом, аналитика социальных сетей становится неотъемлемой частью маркетинговых стратегий.

Данная работа направлена на анализ средств и методов аналитики социальных сетей, предоставляющих маркетологам инструменты для измерения и оценки эффективности их деятельности. В работе рассмотрены методы анализа активности и стоимости для оптимизации маркетинговых стратегий в социальных сетях.

### Основные метрики анализа

Метрики, представляющие собой ключевые индикаторы эффективности деятельности в онлайн-среде, играют важную роль в разработке успешной маркетинговой стратегии. В данном контексте несколько фундаментальных метрик заслуживают внимания:

1. *Охват (Reach)*: охват определяет количество пользователей, которые восприняли ваш контент. Это позволяет оценить, сколько пользователей могли быть подвержены вашему сообщению. Важно различать органический и платный охват, что предоставляет информацию о доступности различных аудиторий через разные каналы.

2. *Вовлеченность (Engagement)*: вовлеченность измеряет активность вашей аудитории во взаимодействии с вашим контентом. Включая лайки, комментарии, репосты и клики, высокая вовлеченность указывает на успешное взаимодействие с аудиторией. Анализируя эту метрику, необходимо выявлять, какой вид контента вызывает наибольший отклик.

3. *Источники привлечения (Traffic Sources)*: метрика предоставляет информацию о том, откуда приходит аудитория на ваш веб-ресурс или в социальный аккаунт. Это могут быть различные источники, включая поисковые запросы, прямые переходы, переходы с других платформ и веб-сайтов. Анализ источников привлечения помогает определить наиболее эффективные каналы для привлечения аудитории и доли вложений.

4. *Конверсия (Conversion)*: метрика конверсии измеряет процент пользователей, выполнивших целевое действие, заданное для маркетинговой стратегии. Это могут быть разнообразные действия, такие как совершение покупок, регистрация, подписка на рассылку и др. Оценка конверсии позволяет определить, насколько успешно ваш контент и маркетинговая стратегия мотивируют пользователей на необходимые действия [2].

Инструменты для анализа социальных сетей представляют собой неотъемлемую часть современных маркетинговых и исследовательских стратегий, позволяя компаниям и организациям более глубоко понимать активность и отклик аудитории в онлайн-пространстве. Существует множество различных инструментов, предназначенных для анализа социальных сетей, включая как встроенные аналитические инструменты, предоставляемые платформами социальных сетей, такие как Google Analytics, Facebook Insights и Popsters, так и сторонние приложения и программные решения.

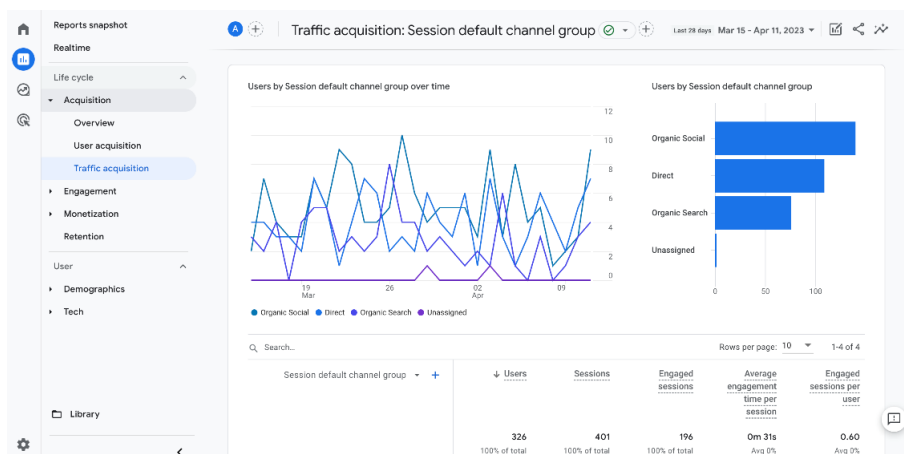


Рис. 1. Google Analytics

Одним из наиболее широко используемых инструментов является Google Analytics, который предоставляет обширные средства анализа для веб-сайтов, включая интеграцию с социальными медиа. Он позволяет отслеживать трафик с социальных сетей, измерять конверсии и вовлеченность пользователей. Facebook Insights, в свою очередь, специализируется на анализе активности на Facebook, предоставляя информацию о демографии аудитории, вовлеченности и эффективности рекламных кампаний. Popsters работает со всеми популярными платформами в России: ВКонтакте, Одноклассники, Telegram, YouTube, Pinterest и другими. Находит наиболее популярные посты для любой страницы, учитывает ER (показатель уровня вовлеченности аудитории в деятельность компании), зависимость вовлеченности от объема текста, типа контента, времени публикации поста. Отчет за любой период может быть загружен в удобном формате (он полностью готов к отправке клиенту).

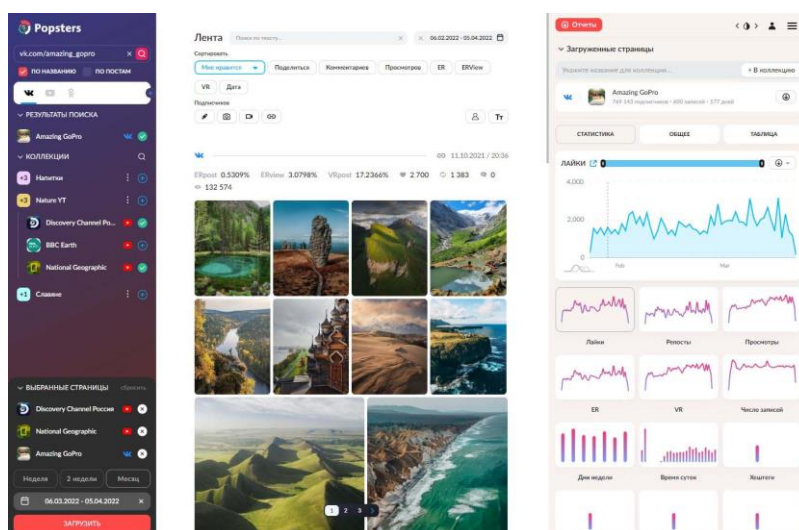


Рис. 2. Popsters

Важно отметить, что помимо встроенных инструментов, существует множество сторонних инструментов для анализа социальных сетей, предоставляющих дополнительные возможности. Эти инструменты могут предоставлять более глубокий анализ данных, включая мониторинг упоминаний о бренде, измерение сентимента, выявление ключевых тем и трендов, идентификацию влиятельных пользователей и многое другое. Выбор конкретного инструмента зависит от целей и потребностей организации, а также от объема данных, который требуется анализировать.

Тенденции в аналитике социальных сетей продолжают эволюционировать в ответ на быстро меняющиеся технологические возможности и растущее влияние социальных платформ на бизнес-процессы и общественную деятельность. Современные и будущие направления в анализе социальных сетей охватывают следующие ключевые аспекты:



5. *Искусственный интеллект и машинное обучение*: с развитием искусственного интеллекта и машинного обучения анализ социальных сетей становится более автоматизированным и масштабируемым. Алгоритмы могут обнаруживать темы, тренды и настроения в больших объемах данных, что позволяет компаниям быстро реагировать на изменения в аудитории и рынке. Прогнозирование поведения пользователей на основе их исторических данных и активности в социальных сетях также становится важным инструментом для бизнеса [1].

*Анализ больших данных*: социальные сети генерируют огромные объемы данных каждый день. Это включает в себя текстовую информацию, изображения, видео, аудио и многие другие форматы контента. Такие данные могут быть анализированы с целью выявления взаимосвязей, трендов и предсказания событий. Особенно важно для предприятий разработать способы хранения, обработки и анализа больших данных для извлечения ценных инсайтов.

*Визуализация данных*: визуализация данных играет важную роль в анализе социальных сетей. Графическое представление связей и паттернов позволяет исследователям и бизнес-аналитикам лучше понимать данные. Отслеживание визуальных метрик, таких как графики и диаграммы, может помочь быстро выявить ключевые тренды и аномалии.

*Приватность данных и регулирование*: с ростом беспокойства относительно приватности данных и усиления регулирования в области защиты персональной информации, анализ социальных сетей сталкивается с новыми вызовами. Компании должны более тщательно следить за соблюдением правил и стандартов, а также разрабатывать методы анонимизации данных для соблюдения нормативных требований.

*Интеграция с другими системами*: интеграция аналитики социальных сетей с другими бизнес-системами, такими как CRM (управление взаимоотношениями с клиентами), аналитика веб-сайта и системы управления ресурсами предприятия (ERP), становится все более важной. Это позволяет компаниям получать полную картину взаимодействия с клиентами и оптимизировать свои стратегии [4].

## **Заключение**

В контексте современного информационного общества, где социальные сети занимают центральное место в коммуникациях и информационном обмене, оценка эффективности деятельности в социальных медиа является ключевой задачей для брендов и компаний. Опубликовать контент в социальных сетях — это лишь первый шаг, и важно иметь механизмы и инструменты, способные предоставить глубокий анализ и оценку воздействия этого контента. Аналитика социальных сетей имеет существенное значение для успешного взаимодействия брендов и компаний с их аудиторией. Понимание и использование методов анализа и соответствующих инструментов позволяют оптимизировать маркетинговые стратегии, принимать обоснованные решения и оставаться конкурентоспособными в динамичной среде социальных медиа.

## **Список использованных источников**

1. Айодеджи О.Г. и Кумар В. Аналитика социальных сетей: инструмент для успеха индустрии онлайн-ритейла. – 10 изд. - Int. J. Services Operations and Informatics, 2019. – С. 79– 95.
2. Sangkil Moon and Dawn Iacobucci. Social Media Analytics and Its Applications in Marketing // Foundations and Trends® in Marketing. – 2022. – №15. – С. 213–292.
3. Сабу А.Р., Кумар В., Рамани Г. Оценка влияния деятельности в социальных сетях на продажи человеческих брендов // Международный журнал исследований в области маркетинга. – 2016. – №33. – С. 524–541.
4. Спондер, Маршалл; Хан, Гохар Ф. Цифровая аналитика для маркетинга. – Нью-Йорк, 2017.

# ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЕТРОВЫМИ ФЕРМАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Богданова А.Н.

ФГБОУ ВО КГЭУ, ВИЭ-1-20, bogdaannovaa@gmail.com

## Введение

В данной научной статье рассматриваются современные подходы к оптимизации работы ветровых ферм с использованием интеллектуальных систем управления. Исследуются методы оптимизации, включая искусственный интеллект и цифровые технологии, и их влияние на увеличение эффективности ветровых электростанций. В статье рассматриваются применение алгоритмов машинного обучения, анализ данных и управление нагрузками в контексте ветровой энергетики.

Ветровые фермы являются ключевым источником возобновляемой энергии, но их эффективность напрямую зависит от оптимального управления и контроля. Современные технологии открывают новые возможности для повышения производительности ветровых электростанций и снижения издержек.

## Искусственный интеллект в оптимизации ветровых ферм

Прогнозирование ветра - ключевая задача в управлении ветровыми фермами. Использование методов машинного обучения в этом контексте позволяет улучшить точность прогнозов, что ведет к более эффективному использованию ветровой энергии. Исследование Глобальной Организации по Исследованиям Интернета Вещей [1] показало, что внедрение нейронных сетей для прогнозирования ветра снижает ошибку прогнозирования на 25 % по сравнению с традиционными методами.

Первый этап (Рис. 1) в прогнозировании ветра с использованием машинного обучения – это сбор данных о ветровых условиях на определенной территории. Эти данные могут включать в себя скорость ветра, направление ветра, температуру, давление и другие метеорологические параметры. После сбора данные подвергаются тщательной обработке и агрегации для подготовки набора данных для обучения модели.

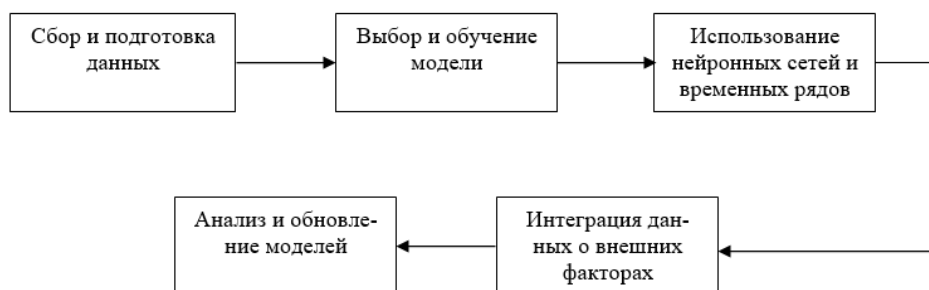


Рис. 1. Этапы прогнозирования ветра с помощью машинного обучения

Выбор подходящей модели машинного обучения является ключевым моментом. Различные алгоритмы, такие как регрессия, случайный лес, и нейронные сети, могут быть применены в зависимости от сложности задачи. Данные используются для обучения модели, которая находит закономерности и паттерны в изменениях ветровых условий. Для анализа временных рядов метеорологических данных, нейронные сети, особенно рекуррентные нейронные сети (RNN), показывают выдающиеся результаты [2]. RNN способны учитывать зависимости в данных с разных временных интервалов, что позволяет более точно прогнозировать изменения ветра с учетом времени.

Важным аспектом прогнозирования ветра является учет внешних факторов, таких как местные географические особенности, рельеф местности и т.д. Географические информационные системы могут быть интегрированы с моделями машинного обучения, чтобы учесть эти факторы и повысить точность прогнозов.

После обучения моделей их необходимо регулярно анализировать и обновлять. Это позволяет учесть изменения климатических условий, а также улучшить точность прогнозов с течением времени.

Процесс обучения моделей можно постоянно совершенствовать с учетом новых данных и методов машинного обучения.

Прогнозирование ветра с использованием машинного обучения не только увеличивает эффективность ветроэнергетических систем, но и способствует повышению надежности и предсказуемости ветровой генерации. Адаптивные модели, созданные с использованием машинного обучения, играют важную роль в обеспечении стабильного и непрерывного поступления возобновляемой энергии в электросеть.

Google DeepMind, исследовательская лаборатория искусственного интеллекта, показывает пример успешного прогнозирования ветра с использованием машинного обучения. Данная лаборатория разработала систему управления для ветровых ферм с использованием нейронных сетей. Они применили алгоритмы машинного обучения для прогнозирования скорости ветра и эффективности ветроэнергетических установок на срок до 36 часов вперед. Этот проект привел к увеличению производства электроэнергии на 20 % [3].

Оптимальная настройка параметров ветрогенераторов критична для максимизации энергетической эффективности. Генетические алгоритмы, вдохновленные процессами эволюции в природе, позволяют системе находить оптимальные решения в сложных и изменяющихся условиях. Путем итеративного улучшения настроек, ветрогенераторы могут адаптироваться к различным скоростям ветра и направлениям.

Исследование, проведенное Институтом Инженеров Электротехники и Электроники, показало, что использование генетических алгоритмов для оптимизации угла атаки лопастей ветрогенератора увеличивает выходную мощность на 15 % в переменных ветровых условиях [4].

Перед началом оптимизации проводится анализ начальных условий (Рис. 2), включая характеристики ветра в данной местности, технические характеристики ветрогенератора, такие как диаметр ротора, высота установки, и электрические параметры. Эти параметры служат основой для генетического алгоритма.

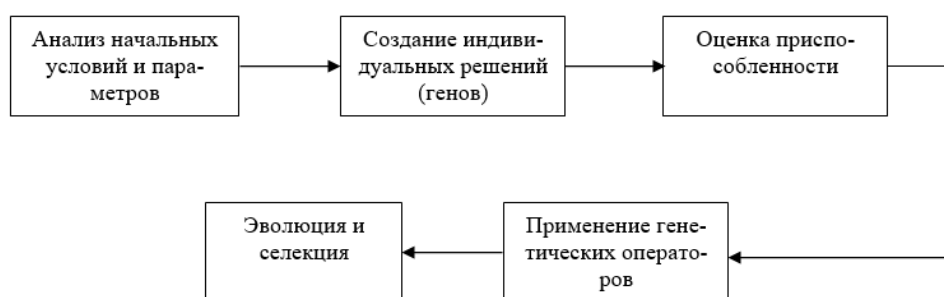


Рис. 2. Этапы оптимизации работы ветрогенераторов с помощью генетических алгоритмов

Каждый ветрогенератор представлен как индивидуальное решение, называемое «ген» [5]. Ген содержит набор параметров, таких как угол атаки лопастей, скорость вращения ротора, и т.д. Генетический алгоритм начинается с создания случайных генов в начальной популяции. Каждый ген (решение) в популяции оценивается по его приспособленности, которая измеряется величиной производимой энергии. Эффективность оценивается с учетом прогнозируемых условий ветра. Гены, которые производят больше энергии при заданных условиях, получают более высокую оценку приспособленности и имеют большие шансы на выживание и репродукцию.

Генетические алгоритмы используют операторы кроссовера и мутации для создания новых генетических комбинаций. Кроссовер представляет собой процесс обмена информацией между двумя родительскими генами для создания потомства (новых генов). Мутация случайным образом изменяет некоторые параметры в гене, внося разнообразие в популяцию.

Следующим шагом является эволюция популяции, где новые гены создаются с использованием кроссовера и мутации. После этого происходит процесс селекции, где лучшие гены отбираются на основе их приспособленности. Эти шаги повторяются в несколько поколений до тех пор, пока не будет найдено оптимальное решение - набор параметров ветрогенератора, который обеспечивает максимальную энергию при различных условиях ветра.

Генетические алгоритмы позволяют эффективно исследовать большое пространство параметров и находить оптимальные настройки ветрогенераторов для различных климатических и атмосферных условий. Их гибкость и способность к адаптации делают их мощным инструментом в оптимизации работы ветровых ферм.

### **Заключение**

Исследуемые в данной статье методы и алгоритмы подчеркивают значимость интеграции искусственного интеллекта и цифровых технологий в управлении ветровыми фермами. Эти инновации позволяют значительно повысить эффективность ветроэнергетических систем, делая их более конкурентоспособными и устойчивыми. Непрерывное исследование и разработка в этой области не только улучшают производство энергии от ветра, но и способствуют переходу к более устойчивой энергетике будущего.

### **Список использованных источников**

1. Отчет глобальной организации по исследованиям интернета вещей // Global Connectivity Report. – 2022. – URL: <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/global-connectivity-report-2022/index/> (дата обращения: 17.10.2023).
2. Li H., Wang L. Wind Power Prediction and Control Using Machine Learning Algorithms // Renewable Energy. – 2019. – Vol. 44, № 12 – P. 987-995.
3. DeepMind, Google. Artificial Intelligence for Wind Energy // DeepMind Blog. – 2018. – URL: <https://deepmind.com/blog/article/using-machine-learning-to-improve-wind-farm-performance> (дата обращения: 17.10.2023).
4. National Renewable Energy Laboratory (NREL). Advances in Wind Power Forecasting Using Machine Learning Algorithms // NREL Technical Report. – 2022. – 087.
5. Goldberg D.E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning // Addison-Wesley. – 1989.

# ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Власов А.Е.<sup>1</sup>, Лазарева Л.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИТУ «МИСИС», Горный институт, e-mail: a.alexander.vlasov@yandex.ru

<sup>2</sup>Автоматика-сервис, Инженер, e-mail: bereshka@list.ru

## Введение

Компрессорная установка – устройство, повышающее давление газа при прохождении через него. Упрощенная схема её устройства представлена на рис. 1. Такая установка, как правило, состоит из нескольких ступеней повышения давления. В нашем случае, этих ступеней две.

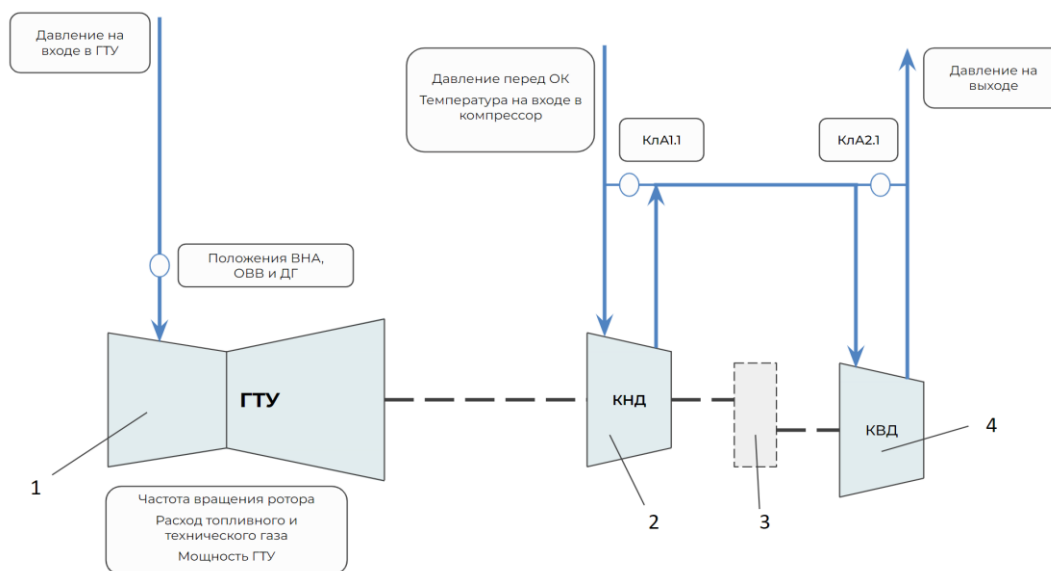


Рис. 1. Упрощенная схема компрессорной установки

На входе в установку газ проходит через компрессор низкого давления 2, после чего подается на компрессор высокого давления 4 и на выход установки. Каждый из компрессоров имеет собственный коэффициент повышения давления, отображающий, в какое количество раз увеличивается давление, проходя через агрегат. Коэффициент можно регулировать двумя способами:

- изменением угла открытия клапанов 1.1 и 2.1, возвращающих часть газа на прошлую ступень и снижающих за счет этого коэффициент повышения давления;
- изменением скорости вращения вала компрессоров.

Первый способ позволяет регулировать каждый компрессор отдельно, второй – влияет на оба одновременно. Это вызвано соединением валов КНД и КВД через редуктор 3. Всю установку в движение приводит газотурбинная установка 1, скорость вращения ротора которой прямо влияет на скорость вращения компрессоров. Частота вращения ГТУ зависит от расхода топливного газа и нескольких других внешних параметров. Основным топливно-энергетическим ресурсом, расходуемым ГТУ, является газ.

Целью работы является создание программного обеспечения для оптимизации работы компрессорной установки, который поможет снизить затраты энергоресурсов на обеспечение её работы, так как делать это вручную с сохранением достаточного уровня надежности [1].

## Описание алгоритма работы

Начальным этапом работы являлся первичный анализ имеющихся данных – показаний АСУТП с различных узлов компрессорной установки. Целевая переменная – расход топливного газа. Подход, который может дать результаты при работе с данными АСУТП – корреляционный анализ: проводится расчет коэффициента корреляции одним из методов – Пирсона, Кендалла либо Спирмена [2].

В работе был использован расчет корреляции с помощью коэффициента Пирсона, основываясь на предположении, что наибольшее влияние на расход топливного газа должны иметь признаки, имеющие линейную связь с целевой переменной. В результате данного этапа работы из 128 признаков было выделено 56, имеющих коэффициент корреляции с целевой переменной более 0,6.

Для исключения из списка возможных предикторов признаков, имеющих сильную корреляцию друг с другом, в ходе расчета коэффициента мультиколлинеарности было удалено ещё 16 признаков. Это было сделано, чтобы избежать ошибок при построении модели.

Проведенный корреляционный анализ далее был подтвержден анализом технологического процесса, кратко описанного выше, а также из 40 признаков были выделены 18 признаков для построения модели, среди которых есть давление на выходе ГТУ, положение входного направляющего агрегата, температура на входе компрессора. Места расположения съёма данных также представлены на Рис. 1.

Второй этап – построение модели компрессорной установки, которая будет на основе входящих параметров предсказывать расход топливного газа. Для этого были рассмотрены 4 основных варианта:

- линейная регрессия,
- нейронная сеть,
- бустинг,
- случайный лес.

Для дальнейшей работы была выбрана нейронная сеть, поскольку именно эта архитектура может наиболее точно выявить линейные и нелинейные связи параметров с целевой переменной [3]. На основе изученных материалов была выбрана архитектура нейронной сети: 3 полносвязных слоя и функция активации ReLU [4].

В результате получилась модель компрессорной установки, цифровой двойник, который на основе изменяющихся входных параметров может предсказывать потребление газа со средней погрешностью 0,03 %. На Рис. 2 представлено сравнение работы модели в сравнении с датчиком расхода газа.



*Рис. 2. Модель компрессорной установки:  
Черный – исходные данные;  
Синий – показания модели.*

Следующим этапом работы является оптимизация построенной модели. Для этого нам необходимо выделить среди всех предикторов только те, на которые мы можем непосредственно влиять, не нарушая нормального режима работы оборудования, а также выявить пределы их регулирования. Этими предикторами и их пределами регулирования являются:

- клапаны 1.1 и 2.1 – 60 %-100 % поворота;
- скорость вращения ротора ГТУ – 5600-6000 об/мин.

Целевым параметром оптимизации был выбран расход топливного газа. Целевые значения – 5600-6000 единиц.

Для оптимизации был выбран алгоритм градиентного спуска, который часто применяется в задачах поиска минимума функции (рис.3) [5].

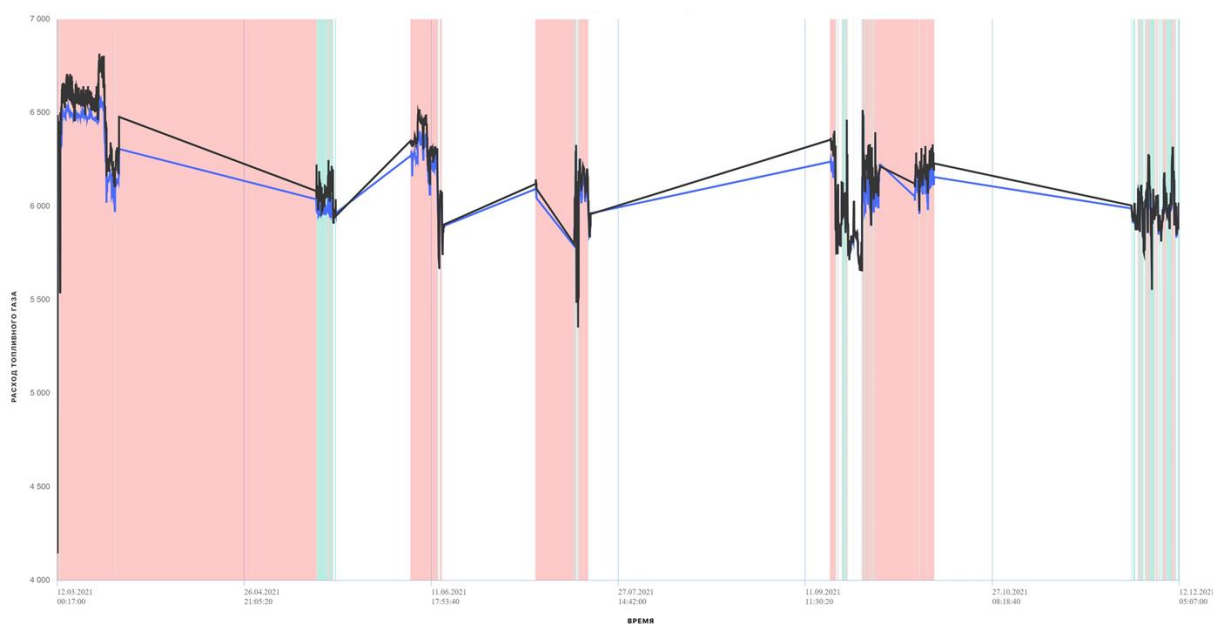


Рис. 3. Результат работы оптимизатора

Зеленым выделены интервалы, в рамках которых оптимизатор смог достичь целевых значений, красным – интервалы, где снижение расхода не позволило достичь целевого значений. Таким образом, оптимизация работы компрессорной установки позволяет экономить более 2 % топливного газа, что можно считать хорошим результатом.

### Заключение

В результате работы была создана имитационная модель компрессорной установки, на основе которой был построен алгоритм для оптимизации расхода топлива. Сокращение потребления газа для работы установки составило более 2 %, что является хорошим результатом работы. Планируется подача проекта на грант УМНИК для дальнейшего развития и проработки.

### Список использованных источников

1. Дубинский В.Г., Житомирский Б.Л., Лопатин А.С., Михалеяко В.А. Техническая эксплуатация газотурбинных компрессорных станций на магистральных газопроводах: Учебное пособие. – Москва : Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) И. М. Губкина, 2019. – 78 с.
2. Пичуев А.В., Карпенко С.М., Садридинов А.Б. Энергоемкость технологических процессов: учебно-методическое пособие. – Москва : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2020, – 14 с.
3. Фарухшина Р.Р. Обеспечение энергетической эффективности работы компрессорных станций с газотурбинным приводом при эксплуатации и реконструкции: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Уфа : Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2018. – 98 с.
4. Байков И.Р., Китаев С.В., Шаммазов И.А. Применение нейронных сетей для прогнозирования добычи углеводородного сырья – Москва : Известия вузов. Нефть и газ. – 2005. – №6. – С. 60–64.
5. Байков И.Р., Китаев С.В., Шаммазов И.А. Методы повышения энергетической эффективности трубопроводного транспорта природного газа – СПб. : Недра, 2008. – 440 с

# ТЕСТИРОВАНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ПРОНИКНОВЕНИЕ

*Глушакова В.А.*

*Санкт-Петербургский колледж телекоммуникаций им. Э.Т.Кренкеля, Санкт-Петербургский  
государственный университет телекоммуникаций им. М.А.Бонч-Бруевича,  
e-mail: glushakovavera07@ya.ru*

## **Введение**

В настоящее время телекоммуникационные системы играют ключевую роль в предоставлении связи и обмена информацией, и, следовательно, обеспечение их надежности и защиты от внешних угроз является приоритетной задачей. В данном контексте использование инструментов искусственного интеллекта в процессе тестирования на проникновение становится неотъемлемой частью стратегии обеспечения безопасности и качества телекоммуникационных систем. В докладе исследуется применение инструментов искусственного интеллекта в контексте тестирования телекоммуникационных систем на проникновение, представляя обзор актуальных методологий и технологий, направленных на улучшение эффективности и надежности систем тестирования.

## **Тестирование телекоммуникационных систем на проникновение**

Средства тестирования на проникновение (Penetration Testing Tools) представляют собой программное обеспечение, которое позволяет оценить уровень безопасности информационных систем путем имитации атаки на систему. Этот процесс включает в себя анализ уровня защиты системы с целью выявления ее уязвимостей. С помощью средств тестирования на проникновение можно найти слабые места в инфраструктуре, которые могут быть использованы злоумышленниками для доступа к информационным ресурсам и техническим средствам. В дополнение к выявлению уязвимостей, пентест позволяет оценить защищенные компоненты системы и предоставить полный отчет о возможных рисках информационной безопасности.

Задача тестирования телекоммуникационных протоколов возникла одновременно с развитием телекоммуникаций и проблемами взаимодействия различных сетей, работающих на разных протоколах. С разнообразием сетей и растущим числом соединений между ними возникают новые задачи, как следствие появления новых операторов связи, предлагающих схожие услуги, и новых сетей (таких как ISDN, GSM, IN, VoIP и другие), которым необходимо интегрироваться с уже существующими сетями.

Сложность архитектуры, взаимодействие множества разнородных сетей и разнообразие операторов и поставщиков услуг в мультисервисной сети связи следующего поколения значительно увеличивают количество интерфейсов, которые необходимо тестировать при внедрении новых систем, при возникновении сбоев или при проведении регулярных проверок. Взаимодействие между операторами также становится более сложным, что имеет критическое значение для новых участников на телекоммуникационном рынке, так как качество обслуживания абонентов зависит от качества межсетевое взаимодействия. К этому добавляется необходимость обеспечения бесперебойного доступа к услугам. Наконец, постоянное внедрение новых протоколов и услуг в сети приводит к усложнению их внутренней структуры.

Первый этап тестирования заключается в идентификации целевой системы и понимании целей атаки. Затем на основе полученной информации выбираются соответствующие методы и инструменты для проведения атаки. В зависимости от постановки задачи, тестирование может проводиться в режиме «белого ящика», когда тестировщику известна определенная информация о системе, или в режиме «черного ящика», когда никакой информации о системе, кроме базовых данных, не предоставляется.

Результаты тестирования на проникновение представляются в виде отчетов, которые передаются владельцам информационных систем. Эти отчеты содержат информацию о потенциальных угрозах для организационной инфраструктуры, возможных последствиях атак и предлагают методы улучшения уровня защиты, включая контрмеры для снижения рисков.

Средства тестирования на проникновение могут быть использованы при аудите информационной безопасности организации или в ходе аттестационных испытаний. Для поиска уязвимостей могут применяться различные методы, такие как SQL-инъекция, социальная инженерия, использование устаревших хеш-функций или криптографических алгоритмов, а также анализ ошибок в малоиспользуемых частях кода приложений.



## Нейронная сеть как инструмент тестирования

Рассмотрим возможность применения нейронной сети ChatGPT (Generative Pretrained Transformer) от компании OpenAI в проверке инфраструктуры на предмет уязвимостей. Она может обучаться на исторических данных, содержащих информацию о предыдущих ошибках в программе, и предсказывать вероятность возникновения новых ошибок. Например, если применить ChatGPT для отладки веб-приложения, она сможет предсказывать вероятность возникновения ошибок при изменении определенных параметров приложения.

В целом, использование ChatGPT в процессе отладки программного обеспечения представляет собой возможность значительно упростить процесс, повысить качество программного обеспечения и ускорить разработку ПО. Однако необходимо учитывать, что применение нейронной сети требует определенных знаний и навыков, а также тщательной настройки и обучения модели на соответствующих данных.

По мере роста спроса на более быстрые и надежные процессы разработки программного обеспечения возникает потребность в эффективных методах тестирования. Традиционные методы тестирования, основанные на ручных процедурах, устаревают и требуют много времени. Искусственный интеллект предоставляет более эффективные, точные и надежные методы.

Применение ChatGPT можно рассмотреть в следующих этапах:

1. Создание чат-бота для реагирования на безопасностные инциденты в реальном времени. ChatGPT может анализировать инциденты и предоставлять настраиваемые решения, такие как выполнение соответствующих действий, предоставление рекомендаций или запросы дополнительной информации.
2. Анализ данных об угрозах и генерация отчетов с использованием ChatGPT для улучшения скорости реагирования на угрозы и инциденты.
3. Интеграция поиска на естественном языке в систему безопасности для более точных результатов на основе понимания и оптимизации поисковых запросов с помощью ChatGPT.
4. Обнаружение аномалий с использованием ChatGPT для анализа событий и выявления необычных паттернов, которые могут указывать на безопасностные нарушения. Однако это требует обучения модели в контексте конкретной предметной области.
5. Создание чат-бота для политики безопасности, предоставляющего точные ответы на вопросы о безопасности, передовых методах и других аспектах.
6. Приоритизация предупреждений и группировка наиболее важной информации для ускорения реагирования на угрозы.

Автоматизированный поиск уязвимостей представляет собой сложную задачу, которая характеризуется множеством факторов. В неё включена разнообразность входных и выходных данных, отсутствие четких соответствий между приложением и уязвимостью, взаимодействие модели с анализируемым объектом, а также сходство процесса поиска уязвимостей с методом обучения с подкреплением (МППР). В этом контексте, разработка интеллектуальной системы для поиска уязвимостей становится целесообразной при помощи применения модели машинного обучения с подкреплением.

Обучение с подкреплением означает, что машина обучается преобразовывать обстановку в последовательность действий с целью максимизации числового сигнала вознаграждения. Главная цель обучения с подкреплением заключается в выявлении наиболее существенных аспектов реальной задачи, учитывая взаимодействие агента с окружающей средой для достижения определенной цели. Такой агент должен быть способен воспринимать состояния окружающей среды в определенной степени и предпринимать действия, которые могут воздействовать на состояние окружающей среды.

В рамках задачи по автоматизированному обнаружению уязвимостей, средой для агента служит конкретный объект исследования, будь то информационная система, сетевой или веб-ресурс, или программное обеспечение. В любой момент времени  $t$ , агент имеет определенное состояние среды, обозначаемое как  $S_t \in S$ , и доступ к набору допустимых действий, представленных как  $A(S_t)$ . Состояние  $S_t$  описывает информацию, доступную агенту о целевом объекте исследования к моменту времени  $t$ . Путем выбора конкретного действия  $a \in A(S_t)$ , агент взаимодействует с окружающей средой, приобретая новую информацию и переходя в состояние  $S_{t+1}$ , сопровождаемое выигрышем  $r_t$ . В случае обнаружения новых  $t$  уязвимостей или дополнительной информации о приложении, выигрыш будет положительным. Отсутствие новой информации, напротив, будет отражено отрицательным выигрышем, указывающим на бесполезность данного действия. В результате такого взаимодействия с окружающей

средой, агент, обучающийся методом обучения с подкреплением, должен разработать стратегию  $P: S \rightarrow A$ , нацеленную на максимизацию накопленного вознаграждения  $R$ , где  $R = r_0 + r_1 + \dots + r_n$ , в случае, если задача имеет терминальное состояние, или на определение величины вознаграждения в случае, если задача не имеет терминальных состояний, согласно соответствующей формуле (1):

$$R = \sum_t \gamma^t r_t, \quad (1)$$

где  $\gamma$  – дисконтирующий множитель для «предстоящего выигрыша» ( $0 \leq \gamma \leq 1$ ).

Существует разнообразие методов для обучения с подкреплением. Среди них наиболее известным и релевантным для поставленной задачи является Q-обучение. Основная идея Q-обучения заключается в том, что агент, на основе вознаграждения, полученного от среды, формирует функцию Q, которая после этого позволяет агенту выбирать свою стратегию действий более осознанно, учитывая прошлый опыт взаимодействия с окружающей средой. Одним из главных преимуществ Q-обучения является его способность сравнивать ожидаемую полезность доступных действий без создания детальной модели окружающей среды.

Преимущества использования ChatGPT в тестировании:

1. Быстрая генерация тестовых сценариев.
2. Увеличение охвата тестирования: ChatGPT способен генерировать тестовые сценарии, охватывающие более широкий спектр ситуаций и анализировать требования, чтобы создавать сценарии, охватывающие экстремальные и угловые случаи, которые могли быть упущены при ручном тестировании.
3. Повышение эффективности тестирования.
4. Сокращение затрат на тестирование.
5. Согласованные результаты тестирования: ChatGPT способен создавать тестовые случаи, которые являются последовательными и повторяемыми, что помогает обеспечить согласованные результаты тестирования для различных тестируемых и сред тестирования, уменьшая риск получения ложноположительных и ложноотрицательных результатов.
6. Масштабируемость: ChatGPT способен генерировать большое количество тестовых сценариев в короткие сроки. Это особенно полезно при тестировании крупных и сложных программных приложений, требующих большого объема тестирования.

Однако при использовании ChatGPT в процессе тестирования, возникает ряд проблем:

1. Необходимость обширных обучающих данных для достижения высокой точности и надежности модели. Без достаточного объема данных ChatGPT может быть менее эффективным в выявлении уязвимостей и прогнозировании новых угроз.
2. Сложность в определении и классификации новых угроз, так как угрозы постоянно меняются и развиваются. Это требует постоянного обновления и обучения модели на новых данных.

## Заключение

В данной статье был рассмотрен важный аспект обеспечения безопасности телекоммуникационных систем через автоматизированный поиск уязвимостей. Мы подчеркнули, что в современной динамичной среде, где появляются новые угрозы с различными характеристиками, необходимо использовать современные методы и технологии для обнаружения и устранения уязвимостей.

Мы обсудили применение методов обучения с подкреплением для автоматизации поиска уязвимостей. Эти методы предоставляют агенту возможность вырабатывать стратегии поиска уязвимостей на основе полученных от среды данных и вознаграждений. Важно отметить, что эти методы несомненно могут значительно улучшить эффективность и надежность процесса обнаружения уязвимостей. Тем не менее, успешная реализация требует большого объема данных, тщательной настройки параметров и интеграции с существующими системами безопасности.

С учетом постоянно меняющейся природы киберугроз и с ростом сложности телекоммуникационных систем, развитие и применение интеллектуальных систем для поиска уязвимостей становится все более важным вопросом в сфере кибербезопасности. Эти системы могут способствовать повышению безопасности и надежности телекоммуникационных систем, а также снижению риска возникновения серьезных инцидентов и утечек данных.

### **Список использованных источников**

1. Выборнова О.Н. Применение машинного обучения с подкреплением для автоматизированного поиска уязвимостей информационных систем / О.Н. Выборнова, А.Н. Рыжиков // Математические методы в технике и технологиях. – ММТТ. – 2020 – Т. 4. – С. 110–113.
2. Anti-Malware // Средства тестирования на проникновение: сайт. – 2017. – URL: <https://www.anti-malware.ru/security/penetration-testing> (дата обращения: 29.10.2023)
3. Positive technologies // Тестирование на проникновение: сайт. – 2020. – URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/services/pentest/> (дата обращения: 26.10.2023)
4. VC.RU // Использование искусственного интеллекта ChatGPT для разработки и тестирования программного обеспечения: сайт. – 2023. – URL: <https://vc.ru/u/1362135-timur-rahmatullin/702907-ispolzovanie-iskusstvennogo-intellekta-chatgpt-dlya-razrabotki-i-testirovaniya-programmnogo-obespecheniya>.

Научное издание

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

Сборник трудов  
I Всероссийской научно-практической конференции

**Издано в авторской редакции**

Компьютерная верстка *А.М. Богдан*

**Зарегистрировано в Издательстве ТПУ  
Размещено на корпоративном портале ТПУ  
в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета**

---



**Издательство**

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ